ISSN 1563-0218
Индекс 75866; 25866

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ҚазҰУ ХАБАРШЫСЫ

Биология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК КазНУ

Серия биологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

KazNU BULLETIN

Biology series

№1 (66)

Алматы
«Қазақ университеті»
2016

ISSN 1563-0218
Индекс 75866; 25866

ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №1 (66)

25.11.1999 ж. Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркелген

Куәлік №956-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ
Оразова С.Б. – б. ғ. к. *(Қазақстан)*

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:
Заядан Б.К., б.ғ.д., профессор – ғылыми редактор (*Қазақстан*)
Бисенбаев А.К., б.ғ.д., ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі – ғылыми редактордың орынбасары (*Қазақстан*)
Тулеуханов С.Т., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Айташева З.Г., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Канаев А.Т., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Кистаубаева А.С., б.ғ.к. (*Қазақстан*)
Жубанова А.А., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Иващенко А.Т., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Мухитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Нуртазин С.Т., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Шулембаева К.К., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Берсимбай Р.И., б.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі (*Қазақстан*)
Туруспеков Е.К., б.ғ.к., ассоциацияланған профессор (*Қазақстан*)

Бекманов Б.О., б.ғ.к., доцент (*Қазақстан*)
Омаров Р.Т., б.ғ.к., доцент (*Қазақстан*)
Искаков Б.К., б.ғ.д., профессор (*Қазақстан*)
Сарбасов Д., PhD докторы, профессор (*АҚШ*)
Абжанов А., PhD докторы, профессор (*АҚШ*)
Раццакуэ М., PhD докторы, профессор (*АҚШ*)
Орынбаева З.С., PhD докторы (*АҚШ*)
Поляк Б., PhD докторы (*АҚШ*)
Фридман Г., PhD докторы (*АҚШ*)
Курмашева Р.Т., PhD докторы (*АҚШ*)
Сапарбаев М., PhD докторы, профессор (*Франция*)
Партон С., PhD докторы, профессор (*Ұлыбритания*)
Дигель И., PhD докторы, профессор (*Германия*)
Даниленко М.П., PhD докторы (*Израиль*)
Тургай Т., PhD докторы (*Туркия*)
Лось Д., б.ғ.д., профессор (*Ресей*)
Маторин Д.Н., б.ғ.д., профессор (*Ресей*)

Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы
Гульмира Шаккозова
Телефон: +77017242911
E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Компьютерде беттеген:
Айгүл Алдашева

Жазылу мен таратуды үйлестіруші
Мөлдір Өміртайқызы
Телефон: +7(727)377-34-11
E-mail: Moldir.Omirtaikyzy@kaznu.kz

ИБ №9887

Басуға 27.06.2016 жылы қол қойылды.
Пішімі 60x84 $^{1}/_{8}$. Көлемі 18.5 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылыс.
Тапсырыс №2958. Таралымы 500 дана. Бағасы келісімді.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
«Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.
«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2016

1-бөлім
БОТАНИКА

Раздел 1
БОТАНИКА

Section 1
BOTANY

Дурмекбаева Ш.Н.,
Хамитова Г.Ж., Мемешов С.К.,
Жумабаева А.А.

Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті, Қазақстан, Көкшетау

Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағы флорасының түрлік құрамы

Бұл жұмыста Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағының флорасында кездескен өсімдіктер түрлеріне систематикалық талдау жүргізілген. Зерттелген аймақтың флорасында 41 тұқымдасқа, 108 туысқа жататын өсімдіктердің 136 түрі анықталған: Pinophyta 1 түрін немесе жалпы түрлер санының 0,73%-ын, Қосжарнақтылар (Magnolopsida) класының 115 түрін немесе 84,56%-ын және Даражарнақтылар (Liliopsidae) класының 20 түрін немесе 14,71%-ын қамтыған. Magnolopsida класында жалпы түр саны бойынша бірінші орынды Asteraceae (25 түр); екінші орынды Rosaceae (14 түр); үшінші орынды Fabaceae (11 түр) тұқымдасы алады; Liliopsidae класында Poaceae (10 түр); Juncaceae Juss. (4 түр); Liliaceae Juss. тұқымдасы (2 түр) алады. Тіршілік формаларына байланысты ағаштар – 3 түр, бұталар – 8 түр, жартылай бұталар – 7 түр, шөптесін өсімдіктер – 118 түрді біріктіретіні анықталды. Көпжылдық шөптесін өсімдіктер (92 түр), біржылдық шөптесін өсімдіктер (20 түр), бұталар (8 түр), жартылай бұталар (7 түр), екіжылдық шөптесін өсімдіктер (6 түр), ағаштар (3 түр). Тіршілік формаларының зерттеу сараптамасы бойынша өсімдіктерінің жасына қарай өзгеруі поликарпты (80,88%) және монокарпты (19,12%) түрлері анықталды.

Түйін сөздер: флора, класс, тұқымдас, туыс, түр, систематикалық талдау, гербарий.

Durmekbayeva Sh.N.,
Hamitova G.Zh., Memeshov S.K.,
Zhumabayeva A.A.

Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Kazakhstan, Kokshetau

The species composition of flora on territory of Akmola region Zerendi district

The article presents the results of a systematic analysis of the flora on the territory of Akmola region Zerendi district. The flora of the investigated area consists of 136 plant species, belonging to 108 genera and 41 families: gymnosperms (Pinophyta) are represented by one species, dicotyledonae (Magnolopsida) is represented by 115 species, and monocotyledonae (Liliopsidae) is represented by 20 species of plant. Dominant position according to the number of species in the Magnolopsida class belongs to Asteraceae family (25 species); on the second place Rosaceae (14 species); on the third place Fabaceae (11 species); in the Liliopsidae class belongs to Poaceae family (10 species); on second place Juncaceae Juss. (4 species); on third place Liliaceae Juss. (2 species). According to life-form plants divides into trees (3 species), shrubs (8 species), subshrubs (7 species), herbaceous plants (118 species). Occurrence of plants occurring to life-forms can show on this scheme: perennial plants (92 species), annual herbaceous plants (20 species), shrubs (8 species), subshrubs (7 species), biennial herbaceous plants (6 species), trees (3 species). A polycarpic plants prevail (80,88 %) than monocarpic plants (19,12%).

Key words: flora, class, family, genus, species, systematic analysis, herbarium.

Дурмекбаева Ш.Н.,
Хамитова Г.Ж., Мемешов С.К.,
Жумабаева А.А.

Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан, Кокшетау

Видовой состав флоры территории Зерендинского района Акмолинской области

В статье представлены результаты систематического анализа флоры территории Зерендинского района Акмолинской области. Было выявлено 136 видов растений относящихся к 108 родам и 41 семействам: голосеменные растения (Pinophyta) представлены одним видом, двудольные (Magnolopsida) представлены 115 видами, а однодольные (Liliopsidae) 20 видами. По количеству видов в класе Magnolopsida преобладает семейства Asteraceae (25 видов или 21,74%); на втором месте Rosaceae (14 видов или 12,17%); на третьем месте Fabaceae (11 видов или 9,56%). В классе Liliopsidae по количеству видов преобладает род Poaceae (10 видов или 50%); на втором месте Juncaceae Juss. (4 вида или 20%); на третьем месте Liliaceae Juss. (2 вида или 10%). По жизненным формам растения исследуемого района подразделяются на деревья (3 вида), кустарники (8 видов), полукустарнички (7 видов), травянистые растения (118 видов). Встречаемость растений по жизненным формам можно показать по следующей схеме: многолетние травянистые растения (92 вида), однолетние травянистые растения (20 видов), кустарники (8 видов), полукустарнички (7 видов), двулетние травянистые растения (6 видов) и деревья (3 вида). В основном преобладают поликарпные растения (80,88%), чем монокарпные (19,12%).

Ключевые слова: флора, класс, семейство, род, вид, систематический анализ, гербарий.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 581.9 (5Қ)

***Дурмекбаева Ш.Н., Хамитова Г.Ж., Мемешов С.К., Жумабаева А.А.**

Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті,
Қазақстан Республикасы, Көкшетау қ.
*E-mail: durmekbaeva@mail.ru

АҚМОЛА ОБЛЫСЫ ЗЕРЕНДІ АУДАНЫ АЙМАҒЫ ФЛОРАСЫНЫҢ ТҮРЛІК ҚҰРАМЫ

Биологиялық әртүрлілік органикалық тіршіліктің ұзақ мерзімді эволюциясының нәтижесі болып табылады. Оның адамзаттың экономикалық және әлеуметтік дамуы үшін маңызы ерекше. Оны сақтап қалу қоршаған ортаны қорғаудың ең басты міндеті, өйткені ортаның өзгеруі биотаның өзгеруіне әкеледі.

Табиғи қорлар мен биологиялық алуан түрлілікті сақтау – жалпы мемлекеттік міндет болғандықтан табиғи флораның алуан түрлілігін сақтап қалу бүгінгі күннің өзекті мәселелерінің бірі болып саналады.

Флора – табиғи тарихи түзіліс болғандықтан, экожүйенің құрамды бөлігі болып саналады. Әр флораның негізгі белгісі – ол оның түрлік құрамы. Белгілі бір территорияда өсетін өсімдіктердің түрлерін есепке алу, яғни флоралық инвентаризация жасау – ол әрбір флоралық зерттеу жұмыстарының негізі болып саналады. Флорадағы түрлердің құрамын есепке алу олардың жалпы саны туралы және олардың қандай туыстарға, тұқымдастарға жататындықтары туралы түсінік береді. Флораны құрайтын түрлердің саны оның байлығын тікелей көрсетеді [1].

Қазақстанда жоспарлы ботаникалық зерттеулердің басталуы Кеңес үкіметінің орнауымен (1920) сәйкес келген. Әсіресе, 1932 ж. Кеңестік Социалистік Республикалар Одағы Ғылым академиясының (КСРО ҒА) Қазақстандағы базасының жанындағы ботаникалық сектордың ашылуымен байланысты болған. Ботаникалық сектордың міндеттері – Қазақстанның аз зерттелген аудандарына тиянақты түрде флористикалық зерттеулер жүргізу, ауқымды гербарий қорын жинау. Зерттеу жұмыстарын М.Г. Попов, одан кейін Н.В. Павлов, В.П. Голоскопов басқарған [2].

1932 жылы КСРО ҒА Қазақстандағы филиалы базасында Н.В. Павловтың бастамасымен ұйымдастырылған Ботаникалық сектор республиканың пайдалы өсімдіктерін жаппай зерттей бастаған. Соғыс жылдары ботаниктер дәрілік және тағамдық өсімдіктерді зерттеуде белсенді жұмыстар атқарған [3].

1933-1959 жылдар аралығында Қазақ Кеңестік Социалистік Республикасы Ғылым академиясының (Қаз.КСР ҒА) Ботаникалық институты Қазақстанның әртүрлі аудандарына 70 флористикалық экспедиция ұйымдастырған [4].

1957-1962 жылдар аралығында КСРО ҒА және Қаз.КСР ҒА Ботаникалық институттары Орталық Қазақстанның ұсақ шоқыларында стационарлық және маршруттық зерттеулер жүргізген. Осы кешенді зерттеулердің нәтижелері «Биокомплексные исследования в Центральном Казахстане» (1969) монографиясында көрсетілген. 1964 ж. КСРО ҒА Ботаникалық институтымен Шығысқазақстандық экспедиция ұйымдастырылып, жүргізген зерттеулерінің нәтижесінде «Ботаническая география степной части Центрального Казахстана» (1973) атты еңбек жарық көрген [5].

1959-1960 жылдары О.М. Демина және Г.А. Байгозова Есіл өзені алқабының өсімдік жамылғысына зерттеу жұмыстарын жүргізген. Зерттеу нәтижесі Есіл өзені алқабында өсімдіктердің далалық типі басым екенін көрсеткен [6].

XX ғасырдың 50 жылдардың ортасынан бастап 60 жылдардың аяғына дейін Қазақстанда КСРО Ғылым академиясымен экспедициялар ұйымдастырылған. Оларға: 1954-1955 жж. жаңа жерлерді игеру бойынша кешенді экспедициясы; 1957-1959 жж. және 1961 ж. Зоология және Ботаника институттарының биокешендік экспедициясы; 1964-1966 жж. және 1968 ж. Ботаника институтының Шығысқазақстандық экспедициясы. Нәтижесінде З.В. Карамышева және Е.И. Рачковскаяның (1973) монографиясы, сондай-ақ «Карта растительности степной части Казахского мелкосопочника» (1975) атты еңбек жарық көрген [7].

Арыстанғалиев С.А. «К флоре хребтов Кетмень и Терскей-Алатау» атты ғылыми еңбегінде аз зерттелген Теріскей-Алатау мен Кетмен қыраты территориясына қосымша мәліметтер беріп, Солтүстік пен Орталық Тянь-Шань арасындағы аудандарды зерттеп, алғаш рет белгілі аудандарда жиналған өсімдіктердің 158 түрін анықтаған. Теріскей – Алатау мен Кетмен қыраты (1974-1975 жж.) флорасының құрамына: 428 туысқа және 82 тұқымдасқа кіретін жоғары өсімдіктердің 1146 түрі, соның ішіне 17 түрі папоротниктәрізділер, 8 – ашықтұқымды, 210 – даражарнақтылар, 911 – қосжарнақтылар өсімдіктері кіреді. 45 эндемикалық түрлерінің 17 түрі күрделігүлділер, 8 түрі асбұршақтар, 8 – лалагүлділер тұқымдастарына жататыны анықталған. Іле Алатау жотасында өсімдіктердің 63 тұқымдасқа, 308 туысқа жататын 800-ден аса түрі анықталған [8].

Ситпаева Г.Т. (1998) жүргізген зерттеу нәтижелері бойынша Торғай ойпатында түтікті өсімдіктердің 99 тұқымдас, 482 туысқа жататын 1314 түрі кездескен. Олардың ішінде төрт географиялық жаңалық ашылып, жаңа бір түр анықталған (*Astragalus subkarakugensis Sitpaeva)*. Аталған өңір флорасының 98%-ы жабықтұқымды өсімдіктердің үлесіне тиетіні анықталған, олардың ішінде қосжарнақтылар –80%, даражарнақтылар –18%, жоғары сатыдағы споралы өсімдіктер мен ашықтұқымдылар –2% [9].

Егеубаева Р.А. (2003) Қазақстанның Оңтүстік-Шығыс бөлігін зерттеу нәтижесінде 298 эфирмайлы өсімдіктің түрлерін анықтап, олар табиғи өсімдіктердің 152 туысына, 40 тұқымдастарына жатқызылған. Эфирмайлы өсімдіктерге ең байы *Apiaceae* тұқымдасы, оған өсімдіктердің 41 туысына жататын 79 түрі, *Lamiaceae* тұқымдасына 17 туысына кіретін 41 түрі, *Asteraceae* тұқымдасының 20 туысына кіретін 71 түрі анықталған. Эфирмайлы өсімдіктердің Қазақстандағы 25 түрі эндемиктер [10].

Мырзағалиева А.Б. (2003) Қалбы қыратындағы пайдалы өсімдіктердің түрлерін зерттеген. Зерттелген қыраттың флорасында 5 тұқымдас, 14 туысқа жататын эфирмайлы өсімдіктің 26 түрі және құрамындағы эфир майларының мөлшері анықталған [11].

Утебеков Қ.И. (2006) Қазақстан Алтайының *Ranunculaceae Juss*. тұқымдасын зерттеу барысында 25 туысқа бөлінген 86 түрін зерттеген. Түрлік құрамы бойынша үлкен туыстарға *Ranunculus L.(*20 түр*), Aconitum Spach (*12 түр*), Thalictrum L.* (11 түр) жататыны және өсімдіктердің басым көпшілігі, яғни 91,7%-ы көпжылдық, 4 түрі біржылдық шөптесін өсімдіктер, 3түрі бұталар, лианалар екені анықталған [12].

2001-2007 жылдары аралығында Іле өзенінің ортаңғы және төменгі ағыс аңғарының флорасында жүргізілген зерттеулерде 66 тұқымдас, 274 туыс, 563 түрден тұратыны көрсетілген және флораның басым бөлігін гүлді өсімдіктер құраған [13].

2004-2007 жылдар аралығында Ертіс өңірінің өсімдіктер дүниесі зерттеліп, өсімдіктердің 545 түрі мен түр тармақтары, оның ішінде 256 туыс және 64 тұқымдас тіркелген[14].

Ситпаева Г.Т. (2010) жүргізген зерттеу нәтижелері бойынша Заволжск-Қазақстан далалық провинциясында таралған астық тұқымдас өсімдіктердің 253 түрі, олардың басым бөлігі мал-азықтық (жем-шөптік), тағамдық, құрылысқа пайдаланылатын және әсемдік түрлерге жатқызылған. Астық тұқымдас өсімдіктердің түрлік құрамының 69%-дан артығы *Pooideae* тұқымдас тармағына кіретін *Aveneae, Poeae, Stipeae* трибасына жатады. Астық тұқымдасы-

ның ең ірі туыстарына: *Stipa* (39 түр.), *Elymus* (25 түр.), *Poa* (20 түр.), *Festuca* (15 түр.), *Leymus* (12 түр.), *Calamagrostis* (9 түр.), *Puccinella* (8 түр.), *Agrostis* (7 түр.), *Elytrigia* (6 *түр*.), *Agropyron* (5 түр.), *Hordeum* (4 түр.) кірген [15].

Кез келген табиғи жүйенің бүгінгі жағдайы анықталмайынша, оны қорғаудың ғылыми негіздерін жасау мүмкін емес. Әсіресе, аз зерттелген аймақтарда зерттеу жүргізудің маңызы зор. Осындай аймақтардың бірі болып Ақмола облысы Зеренді ауданының аймағы саналады. Осы мәселелерді шешудің практикалық маңызы зор, себебі, зерттелетін аймақ флорасында кездесетін кейбір өсімдік түрлерінің халық шаруашылығындағы мәнін бағалауға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты зерттеу жұмысымыздың мақсаты: Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағының флорасын жан-жақты талдау.

Зерттеу материалдары және әдістері

Жүргізілген жұмысымыздың зерттеу орны Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағының флорасы.

Зеренді ауданы – Ақмола облысының солтүстігіндегі әкімшілік бөлік. Аудан солтүстік-батысында Солтүстік Қазақстан облысымен, шығысында Бурабай, оңтүстігінде Сандықтау аудандарымен шектеседі. Жерінің аумағы 8,0 мың шаршы км. Аудан Көкшетау қыратының солтүстігін алып жатыр. Жер бедері – аласа таулы, ұсақ шоқылы, ойлы-белесті жазық. Ірі таулары: Зеренді (587 м), Жыланды (609 м), Қараүңгір, Қаратау т.б. [16].

Климаты континентті: қысы ұзақ (қар 140-160 күн жатады), суық, қары аз (20 см), жазы – жылы әрі құрғақ. Ауаның орташа температурасы қаңтарда – 18^0С, шілдеде 19^0С. Оңтүстіктен, солтүстік-батыстан жиі жел соғады, кейде дауыл тұрады. Аязсыз мерзім 120 күн шамасында [16].

Өсімдіктердің түрлері Ақмола облысы, Зеренді ауданы Зеренді көлінің солтүстік-батыс жағалауынан; Қошқарбай ауылының солтүстік-батыс бөлігінің 5 км қашықтықта орналасқан шоқыдан; Садовый ауылының солтүстік бөлігінің 2 км қашықтықта орналасқан аймақтан және Заборовка-Зеренді тас жолының бойынан жиналды.

Зерттеу барысында негізгі әдіс ретінде маршруттық-аймақтық (рекогносцировтық) және А.И. Толмачевтың (1986) нақты флоралар әдісі алынды [17]. Өсімдіктерді жинау, кептіру және оларды дұрыс өңдеу жалпыға таныс А.К. Скворцовтың (1977) әдістемесі бойынша жүргізілді [18].

Жиналған түрлерді анықтау және олардың конспектісін түзу үшін «Флора Казахстана» (1956-1966) еңбектері пайдаланылды [19-20]. Флораның конспектісін жасауда және флористикалық спектрдегі түрлердің орналасуы мен түрүсті категорияларын анықтау А.Л. Тахтаджянның (1964, 1970, 1978) филогенетикалық жүйесі бойынша жүргізілді [21-23]. Тіршілік формаларына байланысты түрлердің жіктелуі И.Г. Серебряковтың (1962) [24] еңбегі бойынша жүргізілді. Зерттелген өсімдіктердің түрлері мен туыстарының латынша атаулары С.К. Черепановтың (1995) еңбегіне сәйкес берілді [25]. Өсімдіктердің орысша және қазақша атауларын жазуда С.А. Арыстанғалиев және Е.Р. Рамазановтың (1977) еңбегі пайдаланылды [26].

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Зерттеу жұмысымыздың нәтижелері бойынша Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағының флорасы 41 тұқымдас, 108 туыс, 136 түрден тұратыны анықталды (1-кесте).

Зерттелген аймақтың флорасы ашықтұқымдылардың (*Pinophyta*) 1 түрін немесе түрдің жалпы санына шаққанда 0,73%, қосжарнақтылар (*Magnolopsida*) класының 115 түрін немесе 84,56% және даражарнақтылар (*Liliopsidae*) класының 20 түрін немесе 14,71% қамтиды.

Magnolopsida класында жалпы түр саны бойынша бірінші орынды *Asteraceae* (25 түр немесе 21,74%); екінші орынды *Rosaceae* (15 түр немесе 13,04%); үшінші орынды *Fabaceae* (11 түр немесе 9,56%) тұқымдасы алады (1-сурет).

Scrophulariaceae Juss. тұқымдасы 6 түр немесе 5,22%; *Caryophyllaceae* тұқымдасы 5 түр немесе 5,22%; *Boraginaceae Juss*., *Cruciferae Juss., Ranunculaceae Juss.* және *Lamiaceae Lindl.*тұқымдастары – 4 түрден немесе 3,48%; *Campanulaceae Juss., Geraniaceae Juss*. және *Polygonaceae Juss*. тұқымдастары 3 түрден немесе 2,61% құралған.

Даражарнақтылар (*Liliopsidae*) класында жалпы түр саны бойынша бірінші орынды *Poaceae* (10 түр немесе 50%); екінші орынды *Juncaceae Juss*. (4 түр немесе 20%); үшінші орынды *Liliaceae Juss*. тұқымдасы (2 түр немесе 10%) алады (2-сурет).

Alismataceae DC., Cyperaceae Juss., Potamogetonaceae Engl. және *Iridaceae Juss.* тұқымдастары 1 түрден немесе 5,88% құрайды.

1-кесте – Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағы флорасында кездескен өсімдіктер түрлері

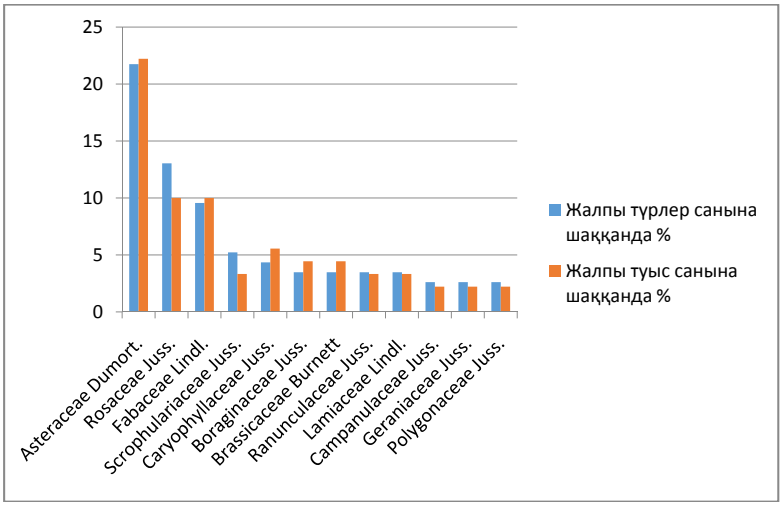
№	Тұқымдас атауы	Түр атауы
1.	*Pinaceae*	*Pinus sylvestris L.*
2.	*Alismataceae Vent.*	*Alisma plantago-aquatica L.*
3.	*Cyperaceae Juss.*	*Carex supina Willd.*
4.	*Iridaceae Juss.*	*Iris humilis (Iris flavissima Pall.)*
5.	*Juncaceae Juss.*	*Juncus compressus Jacq.*
		Juncus filiformis L.
		Juncus nastanthus V. Krecz. et Gontsch.
		Lusula pilosa (L.) Willd.
6.	*Liliaceae Juss.*	*Asparagus officinalis L.*
		Hemerocallis flava L. Sp. pl.
7.	*Poaceae Barnhart (Gramineae Juss.)*	*Agropyron repens (L.)*
		Beckmannia eruciformis (L.) Host.
		Bromus inermis Leyss. Fl. Hal.
		Calamagrostis epigeios (L.) Roth.
		Echinochloa crusgalli (L.) Beauv.
		Festuca pratensis Huds.
		Festuca sulcata
		Poa pratensis L. Sp. Pl.
		Setaria viridis (L.) Beauv.
		Stipa lessingiana Trin. et Rupr.
8.	*Potamogetonaceae Dumort.*	*Potamogeton perfoliatus L.*
9.	*Amaranthaceae Juss.*	*Amaranthus retroflexus L.*
10.	*Apiaceae Lindl.*	*Eryngium planum L.*
		Silaus besseri DC.
11.	*Asteraceae Dumort.*	*Achillea millefolium L.*
		Antennaria dioica (L.) Gaerthn.
		Arctium tomentosum Mill.
		Artemisia absinthium L. Sp. Pl.
		Artemisia austriaca Jacq.
		Artemisia dracunculus L.
		Artemisia frigida Willd. Sp. Pl.
		Artemisia glauca Pall. ex Willd.
		Artemisia vulgaris L.
		Aster alpinus L.
		Bidens tripartita L. Sp. Pl.
		Carduus crispus L.
		Centaurea scabiosa L.
		Echinops ritro
		Erigeron acris L. (Erigeron acer L.)
		Hieracium umbellatum L.
		Inula Britannica L.
		Lactuca tatarica (L.) C.A. Mey.
		Matricaria recutita
		Saussurea DC
		Senecio Jacobaea L.
		Tanacetum vulgare
		Taraxacum officinale Wigg.
		Tragopogon orientalis L.
		Tripolium vulgare Nees Gen. et sp. Aster
12.	*Betulaceae S.F.Gray.*	*Betula pendula Roth.*

1-кестенің жалғасы

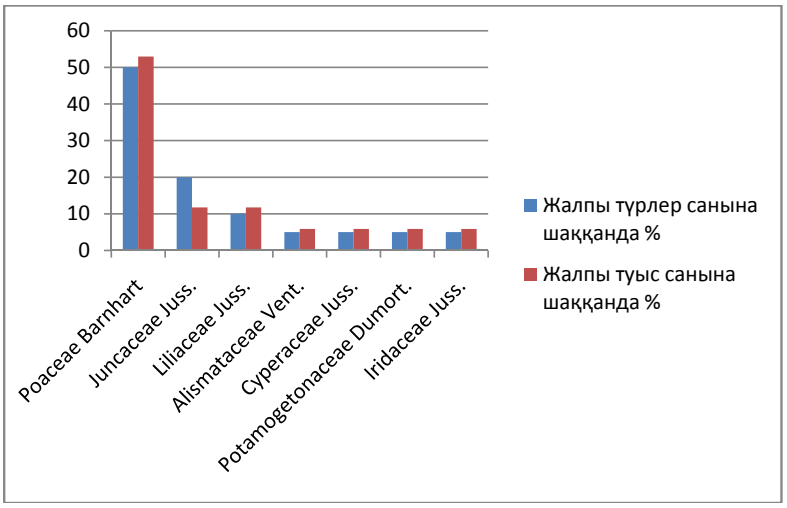
№	Тұқымдас атауы	Түр атауы
13.	*Boraginaceae Juss.*	*Echium vulgare L.*
		Lappula squarrosa (Lappula echinata Gilib.)
		Nonea pulla DC.
		Onosma simplicissima L.
14.	*Brassicáceae Burnett (Cruciferae Juss.)*	*Berteroa incana (L.) DC.*
		Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.
		Clausia aprica (Steph.) Korn.-Tr.
		Lepidium ruderale L.
15.	*Campanulaceae Juss.*	*Adenophora lilifolia (L.) A. DC.*
		Campanula bononiensis L.
		Campanula wolgensis P. Smirn.
16.	*Cannabaceae Endl.*	*Cannabis ruderalis Janisch.*
17.	*Caryophyllaceae Juss*	*Cerastium arvense L.*
		Dianthus acicularis Fisch. ex Ledeb.
		Gypsophila paniculata L.
		Silene sibirica (L.) Pers.
		Stellaria graminea L.
18.	*Chenopodiaceae Vent.*	*Chenopodium album L.*
		Chenopodium glaucum L.
19.	*Convolvulaceae Juss.*	*Convolvulus arvensis L.*
20.	*Crassulaceae DC.*	*Sedum hybridum L.*
		Sedum Telephium L.
21.	*Dipsacaceae Juss.*	*Scabiosa Ochroleuca*
22.	*Euphorbiaceae Juss.*	*Euphorbia virgata Waldst. ex Kit.*
23.	*Fabaceae Lindl*	*Astragalus danicus Retz.*
		Caragana arborescens Lam.
		Lathyrus tuberosus L.
		Medicago falcata L.
		Melilotus officinalis (L.) Pall.
		Orobus vernus L. Sp. pl.
		Oxytropis pilosa (L.) DC.
		Trifolium lupinaster pentaphyllus (Trifolium lupinaster)
		Trifolium repens L.
		Vicia cracca L.
		Vicia silvatica
24.	*Geraniaceae Juss.*	*Erodium cicutarium (L.)*
		Geranium dissectum
		Geranium pratense L.
25.	*Grossulariaceae DC.*	*Ribes nigrum L.*
26.	*Lamiaceae Lindl.*	*Phlomoides agraria (Phlomis agraria Bge.)*
		Salvia stepposa Shost.
		Thymus mongolicus (Ronn.) (Thymus asiaticus)
		Thymus serpyllum L.
27.	*Lythraceae J.St.-Hil.*	*Lythrum virgatum L.*
28.	*Malvaceae Juss.*	*Malva pusilla Smith.*
29.	*Onagraceae Juss*	*Chamaenerium Adans*
30.	*Plantaginaceae Juss.*	*Plantago major L.*
		Plantago media L.
31.	*Plumbaginaceae Juss.*	*Limonium Gmelinii*
32.	*Polygalaceae R. Br.*	*Polygala comosa (Polygala hybrida)*
33.	*Polygonaceae Juss.*	*Polygonum aviculare L.*
		Rumex acetosa L.
		Rumex confertus Willd.

1-кестенің жалғасы

№	Тұқымдас атауы	Түр атауы
34.	*Primulaceae Vent.*	*Androsace septentrionalis L.*
		Lysimachia vulgaris L.
35.	*Pyrolaceae Dumort.*	*Pyrola rotundifolia*
36.	*Ranunculaceae Juss.*	*Anemone sylvestris L.*
		Pulsatilla patens (L.) Mill.
		Ranunculus acris (Ranunculus acer)
		Ranunculus sceleratus
37.	*Rosaceae Juss.*	*Cerasus fruticosa Pall.*
		Cotoneaster melanocarpa Lodd. Bot.Cab.
		Filipendula vulgaris (Filipendula hexapetala Gilib.)
		Filipendula ulmaria (L.) Maxim.
		Fragaria viridis (Duch.) Weston.
		Potentilla anserina L.
		Potentilla arenaria Borkh.
		Potentilla argentea L.
		Potentilla erecta (L.) Racusch.
		Potentilla humifusa Willd ex Schlecht.
		Rosa acicularis L.
		Rubus saxatilis L.
		Sanguisorba officinalis L.
		Spiraea crenata L.
		Spiraea hypericifolia L.
38.	*Rubiaceae Juss.*	*Galium verum L.*
39.	*Salicaceae Mirb.*	*Populus tremula L.*
		Salix rosmarinifolia L.
40.	*Scrophulariaceae Juss.*	*Linaria vulgaris L.*
		Verbascum phoeniceum L.
		Veronica incana L.
		Veronica longifolia L.
		Veronica prostrata L.
		Veronica spicata L.
41.	*Urticaceae Juss.*	*Urtica dioica L.*
		Urtica urens L.

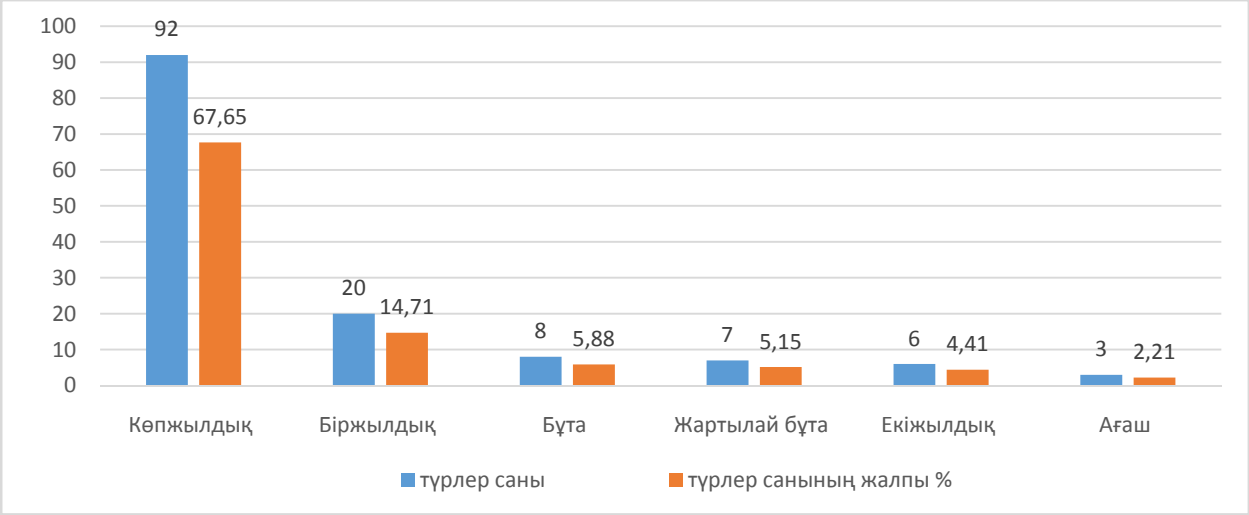


1-сурет – Қосжарнақтылар (Magnolopsida) класы тұқымдастарының жалпы түрлер мен туыстар саны (%)



2-сурет – Даражарнақтылар (Liliopsidae) класы тұқымдастарының жалпы түрлер мен туыстар саны (%)

Зерттелген аймақ флорасы тіршілік формаларына байланысты ағаштар – 3 түр, бұталар – 8 түр, жартылай бұталар – 7 түр, шөптесін өсімдіктер – 118 түрді біріктіретіні анықталды. Ақмола облысы Зеренді ауданы флорасында шөптесін өсімдіктер басым келеді. Өсімдіктердің тіршілік формалары бойынша кездесуін мынадай қатар бойынша көрсетуге болады: көпжылдық шөптесін өсімдіктер (92 түр), біржылдық шөптесін өсімдіктер (20 түр), бұталар (8 түр), жартылай бұталар (7 түр), екіжылдық шөптесін өсімдіктер (6 түр), ағаштар (3 түр) (3-сурет).



3-сурет – Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағындағы өсімдіктердің тіршілік формалары бойынша таралуы

Ағаштарға *Pinus sylvestris L. (Pinaceae Lindl.*), *Betula pendula Roth* (*Betulaceae S.F. Gray*), *Populus tremula L. (Salicaceae Mirb.)* түрлері кіреді.

Бұталарға *Caragana arborescens Lam.* (*Fabaceae Lindl.)*, *Ribes nigrum L.* (*Grossulariaceae DC.*), *Cerasus fruticosa Pall.*, *Cotoneaster melanocarpa Lodd. Bot.Cab., Spiraea crenata L., Spiraea hypericifolia L., Rosa acicularis Lindl.* (*Rosaceae Juss.)*, *Salix rosmarinifolia L.* (*Salicaceae Mirb.)* түрлері жатады.

Onosma simplicissima L. (*Boraginaceae Juss.)*, *Thymus mongolicus (Ronn.) (Thymus asiaticus), Thumus serpyllum L. (Lamiaceae Lindl.), Artemisia absinthium L., Artemisia frigida Willd., Artemisia dracunculus L*. (*Asteraceae Dumort.)*, *Dianthus acicularis Fisch. ex Ledeb. (Caryophyllaceae Juss.)* түрлері жартылай бұталар болып саналады.

Зерттеу жұмыстары бойынша шөптесін өсімдіктердің біржылдық, екіжылдық және көпжылдық тіршілік формалары анықталды. Шөптесін өсімдіктерге 118 түр кіреді, оның ішінде біржылдық шөптесін өсімдіктерге 14 тұқымдасқа жататын 20 түр кіреді.

Екіжылдық шөптесін өсімдіктерге 6 түр (6 тұқымдас), көпжылдық шөптесін өсімдіктерге 33 тұқымдасқа жататын 92 түр кіреді.

Табиғатта өсімдіктердің бір-, екі- және көпжылдық деп бөлінуі, оларды монокарпты және поликарпты формаларға топтастыруға негіз болды. Тіршілік формаларының зерттеу сараптамасы бойынша Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағы өсімдіктерінің жасына қарай өзгеруі поликарпты (80,88%) және монокарпты (19,12%) түрлері анықталды. Зерттелген аймақта поликарпты өсімдіктер басым келеді.

Әдебиеттер

1 Иващенко А.А. Қазақстанның өсімдіктер әлемі. – Алматы: Алматыкітап, 2004. – 176 б.

2 Быков Б.А. Геоботанические и флористические исследования в Казахстане. В сб.: Ботаника в Казахстане. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1959. – С. 7–18.

3 Кукенов М.К. Ботаническое ресурсоведение Казахстана. – Алматы: Ғылым, 1999. – 160 с.

4 Голоскоков В.П. Гербарий и флористическая изученность Казахстана. В сб.: Материалы к флоре и растительности Казахстана. – Алма-Ата, 1961. – Т. 11. – С. 3–22.

5 Карамышева З.В., Рачковская Е.И. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана. – Л.: Наука, 1973. – 279 с.

6 Демина О.М. Пойменные луга Ишима. В сб.: Ботанические исследования в Казахстане. – Алма-Ата : Наука, 1964. – Т. 18. – С. 55–77.

7 Горчаковский П.Л. Лесные оазисы Казахского мелкосопочника. – М.: Наука, 1987. – 160 с.

8 Эфирномасличные растения Казахстана и их рациональное использование / Академия наук Казахской ССР, Институт ботаники ; отв. ред. П. М. Мырзакулов. АлмаАта : Наука Казахской ССР, 1990. 143 с.

9 Ситпаева Г.Т. Анализ флоры Тургайского прогиба : автореф. дисс. канд. биол. наук. – Алматы, 1998. – 25 с.

10 Егеубаева Р.А. Эфирномасличные растения Юго-Востока Казахстана и пути их рационального использования: автореф. дис. докт. биол. наук. – Алматы, 2003. – 49 с.

11 Мырзагалиева А.Б. Растительные ресурсы Калбинского хребта : автореф. дис. канд. биол. наук. – Алматы, 2003. – 27 с.

12 Утебеков Қ.И. Қазақстан Алтайының сарғалдақтар *(Ranunculaceae Juss*.) тұқымдасы : автореф. дис. биол. ғылым. канд. – Алматы, 2006. – 20 б.

13 Инелова З.А. Анализ флоры долины среднего и нижнего течения р. Иле : автореф. дисс. кан. биол. наук – Алматы, 2009. – 21 с.

14 Жумадилов Б.З. Анализ флоры Ертысского флористического округа Восточно-Казахстанской степной провинции: автореф. дисс. кан. биол. наук. – Алматы, 2010. – 25 с.

15 Ситпаева Г.Т. Злаки Заволжско-Казахстанской степной провинции (систематический состав, экология, география) : автореф. дис. докт. биол. наук. – Алматы, 2010. – 48 с.

16 Ақмола облысы : Энциклопедия. – Алматы : «Қазақ энциклопедиясы» ЖСШ, 2009. – Б. 303–305.

17 Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. – Новосибирск : Наука, 1986. – 192 с.

18 Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. – М.: Наука, 1977. – 199 с.

19 Флора Казахстана. – Алма-Ата : Изд-во Академии Наук Казахской ССР, 1956–1966. – Т. I–IX.

20 Байтенов М.С. Флора Казахстана. – Алматы : Ғылым, 1999. – Т. 1–2.

21 Тахтаджян А.Л. Основы эволюционной морфологии покрытосеменных. – Л.: Наука, 1964. – 235 с.

22 Тахтаджян А.Л. Происхождение и расселение цветковых растений. – Л.: Наука, 1970. – 147 с.

23 Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. – Л.: Наука, 1978. – 248 с.

24 Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. – М.: Высшая школа, 1962. – 378 с.

25 Czerepanov S.K. Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR). 1995. – 516 с.

26 Арыстанғалиев С.А., Рамазанов Е.Р. Қазақстан өсімдіктері. – Алма-Ата: Ғылым, 1977. – 288 б.

Referenses

1 Ivashchenko AA (2004) Vegetable world of Kazakhstan [Qazaqstanny'nh o'simdikter a'lemi]. Almaty'kitap, Almaty, Kazakhstan. (In Kazakh). ISBN: 9965-24-194-5.

2 Bykov BA (1959) Geobotanical and floristic researches in Kazakhstan. Botany in Kazakhstan [Geobotanicheskie i floristicheskie issledovaniia v Kazakhstane. Botanika v Kazakhstane]. Nauka KazSSR, Alma-Ata, Kazakhstan. (In Russian).

3 Kukenov MK (1999) Botanical resources of Kazakhstan [Botanicheskoe resursovedenie Kazakhstana]. Ghy'ly'm, Almaty, Kazakhstan. (In Russian). ISBN: 562802497X : Б.

4 Goloskokov VP (1961) Herbarium and floristic study of Kazakhstan. Materials to flora and vegetation of Kazakhstan [Gerbarii i floristicheskaia izuchennost' Kazakhstana. Materialy k flore i rastitel'nosti Kazakhstana] 11: 3–22. (In Russian).

5 Karamysheva ZV, Rachkovskaia EI (1973) Botanical geography of the Central Kazakhstan steppe zone [Botanicheskaia geografiia stepnoi chasti Tsentral'nogo Kazakhstana]. Nauka, Leningrad, Russia. (In Russian).

6 Demina OM (1964) Inundated meadows of Ishim. Botanical researches in Kazakhstan [Poimennye luga Ishima. Botanicheskie issledovaniia v Kazakhstane] 18: 55–77 (In Russian).

7 Gorchakovskii PL (1987) Forest oases of the Kazakh shallow hills [Lesnye oazisy Kazakhskogo melkosopochnika]. Nauka, Moscow, Russia. (In Russian).

8 Essential oil plants of Kazakhstan and their use rational (1990) [Efirnomaslichnye rasteniia Kazakhstana i ikh ratsional'noe ispol'zovanie]. Nauka Kazakhskoi SSR, Alma-Ata, Kazakhstan. (In Russian).

9 Sitpaeva GT (1998) Analysis of flora of the Turgaysky deflection [Analiz flory Turgaiskogo progiba] : avtoref. diss. kand. biol. nauk. Almaty, Kazakhstan. (In Russian).

10 Egeubaeva RA (2003) Essential oil plants of Southeast of Kazakhstan and ways of their rational use [Efirnomaslichnye rasteniia Iugo-Vostoka Kazakhstana i puti ikh ratsional'nogo ispol'zovaniia] : avtoref. dis. dokt. biol. nauk. Almaty, Kazakhstan. (In Russian).

11 Myrzagalieva AB (2003) Vegetable resources of Kalbinsky ridge [Rastitel'nye resursy Kalbinskogo khrebta] : avtoref. diss. kand. biol. nauk. Almaty, Kazakhstan. (In Russian).

12 Wtebekov QI (2006) Family buttercup (Ranunculaceae Juss.) of the Kazakhstan Altai [Qazaqstan Altajy'ny'nh sarghaldaqtar *(Ranunculaceae Juss.)* tuqy'mdasy']: avtoref. diss. kand. biol. nauk. Almaty, Kazakhstan. (In Kazak).

13 Inelova ZA (2009) Analysis of flora of the valley of an average and lower current of river Ile [Analiz flory doliny srednego i nizhnego techenija r. Ile] : avtoref. diss. kand. biol. nauk. Almaty, Kazakhstan. (In Russian).

14 Zhumadilov BZ (2010) Analysis of flora of the Ertyssky floristic district of the East Kazakhstan steppe province [Analiz flory Ertysskogo floristicheskogo okruga Vostochno-Kazahstanskoj stepnoj provincii] : avtoref. diss. kand. biol. nauk. Almaty, Kazakhstan. (In Russian).

15 Sitpaeva GT (2010) Cereals of the Zavolzhye-Kazakhstan steppe province (systematic structure, ecology, geography) [Zlaki Zavolzhsko-Kazahstanskoj stepnoj provincii (sistematicheskij sostav, jekologija, geografija)] : avtoref. dis. dokt. biol. nauk. Almaty, Kazakhstan. (In Russian).

16 Zhakyp BO (2009) Akmolinsky area: Encyclopaedia [Aqmola obly'sy: Entsiklopediia]. Almaty, Kazakhstan. (In Kazakh).

17 Tolmachev AI (1986) Methods of comparative floristics and problem of a florogenez [Metody sravnitel'noj floristiki i problemy florogeneza]. Science, Novosibirsk, Russia. (In Russian).

18 Skvorcov AK (1977) Gerbary. A grant by a technique and equipment [Gerbarij. Posobie po metodike i tehnike]. Nauka, Moscow, Russia. (In Russian).

19 Flora of Kazahstan [Flora Kazahstana] (1956–1966) Vol. I–IX. Akademii Nauk Kazakhskoi SSR, Alma-Ata, Kazakhstan. (In Russian).

20 Bajtenov MS (1999) Flora of Kazakhstan [Flora Kazahstana]. Vol. I–II. Almaty, Kazahstan. (In Russian). ISBN: 5-628-02318-3 (V.I); ISBN: 9965-07-036-9 (V.II).

21 Tahtadzhjan AL (1964) Fundamentals of evolutionary morphology of the angiospermous [Osnovy jevoljucionnoj morfologii pokrytosemennyh]. Nauka, Moscow, Russia. (In Russian).

22 Tahtadzhjan AL (1970) Origin and moving of floral plants [Proishozhdenie i rasselenie cvetkovyh rastenij]. Nauka, Leningrad, Russia. (In Russian).

23 Tahtadzhjan AL (1978) Floristic areas of Earth [Floristicheskie oblasti Zemli]. Nauka, Leningrad, Russia. (In Russian).

24 Serebrjakov IG (1962) Ecological morphology of plants [Jekologicheskaja morfologija rastenij]. Vysshaja shkola. Moscow, Russia. (In Russian).

25 Cherepanov SK (1995) Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR). Cambridge University Press, USA. ISBN**:** 0-521-45006-3 (hc).

26 Ary'stanghali'ev SA, Ramazanov ER (1977) Plants of Kazakhstan [Qazaqstan o'simdikteri]. Alma-Ata, Kazakhstan. (In Kazakh).

[1,2]Қарашолақова Л.Н.,
[1]Мұхитдинов Н.М.,
[1]Ахметова А.Б.

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
[2]Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы

Сирек кездесетін эндем *Lonicera iliensis* Pojark. өсімдігі жапырағының анатомиялық-морфологиялық ерекшеліктері

Мақалада сирек кездесетін эндемик түр Lonicera iliensis Pojark. өсімдігінің анатомиялық-морфологиялық құрылысының ерекшеліктері берілген. Lonicera iliensis Pojark. өсімдігінің жас, орта және генеративтік дарақтары жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысын зерттеу үш популяция, тоғыз ценопопуляцияда жүргізілді. Іле ұшқатының бірінші популяциясы – Алматы облысы, Балқаш ауданы, Бақанас елді-мекеніне жақын Іле өзені жағалауынан, екінші популяциясы – Алматы облысы, Райымбек ауданы, Алғабас елді-мекеніне жақын Шелек өзені жағалауынан, үшінші популяциясы Алматы облысы, Райымбек ауданы, Ақтоғай шатқалындағы, Шарын өзені жағалауынан табылды. Lonicera iliensis Pojark. өсімдігінің әр түрлі ценопопуляцияларындағы жас, орта және генеративтік дарақтардың жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысын салыстыру нәтижесінде олардың бір-біріне ұқсастығы анықталды. Зерттелген барлық дарақтарда дорзовентральдық құрылыс және мезофиллдің көпқабаттылығы байқалды. Барлық популяциялардың үшінші ценопопуляция (№ 3, № 6 және № 9) дарақтары жалпақ жапырақ тақтасына ие. Lonicera iliensis Pojark. өсімдігінің № 5 және № 8 ценопопуляциялары орта генеративтік дарақтары жапырақ тақталарының ірі өлшемімен ерекшеленді. Сонымен қатар, № 5 және № 8 ценопопуляциялардың дарақтарында ксероморфтық ұйымдасу белгілері анықталды.

Түйін сөздер: Lonicera iliensis Pojark., эпидерма, склеренхима, флоэма, паренхима, трихомалар,өткізгіш шоқ.

[1,2]Karascholakova L.N.,
[1]Mukchitdinov N.M.,
[1]Akchmetova A.B.

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
[2]Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

Anatomy and morphological characteristics of the leaf blade of rare endemic species *Lonicera iliensis* Pojark.

The article presents characteristics of anatomical and morphological structure of a rare, endemic species Lonicera iliensis Pojark. The study of the anatomical structure of the leaf blades of young, medium and old generative plant Lonicera iliensis Pojark. was conducted on nine coenopopulations of three populations in Almaty region. The first population of Ili honeysuckle was found in the floodplain of river Ili near village Bakanas in the Balkhash district, the second population – in the floodplain of river Chilik near village Algabas, Raiymbek district, the third population – in the floodplain of the Charyn River in the tract in Aktogai, Raiymbek district. Comparison of the anatomical structure of the leaf blades of young, medium and old generative plant individuals Lonicera iliensis Pojark. different coenopopulations showed their great similarity. The all individuals are characterized by dorsoventral and multi-layered mesophyll. In the third coenopopulations all populations (№ 3, № 6 and № 9), all individuals have the widest leaf blade. In the medium generative individuals of Lonicera iliensis Pojark. coenopopulations №5 and №8 leaf blades were characterized by large size. Also, the individuals of number № 5 and № 8 coenopopulations therewere identified the most features of xeromorphic organization.

Key words: Lonicera iliensisPojark.,epidermis, sclerenchyma, phloem, parenchyma, trichomes, conductive beam.

[1,2]Карашолакова Л.Н.,
[1]Мухитдинов Н.М.,
[1]Ахметова А.Б.

[1]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, Алматы
[2]Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, Алматы

Анатомо-морфологические особенности листовой пластинки редкого эндемичного вида *Lonicera iliensis* Pojark.

В статье приводятся особенности анатомо-морфологического строения редкого эндемичного вида Lonicera iliensis Pojark. Исследование анатомического строения листовых пластинок молодых, средних и старых генеративтых особей растений Lonicera iliensis Pojark. проводилось в девяти ценопопуляциях трёх популяций. Первая популяция жимолости илийской была найдена в пойме реки Иле возле села Баканас в Балхашском районе, Алматинской области, вторая популяция – в пойме реки Чилик возле села Алгабас, Райымбекском районе, Алматинской области, третья популяция – в пойме реки Чарын в урочище Актогай в Райымбекском районе, Алматинской области. Сравнение анатомического строения листовых пластинок молодых, средне и старых генеративтых особей растений Lonicera iliensis Pojark. разных ценопопуляций показало их большое сходство. Для всех особей характерны дорзовентральность и многослойность мезофилла. В третьей ценопопуляции всех популяций (№ 3, № 6 и № 9) все особи имеют наиболее широкую листовую пластинку. У среднегенеративных особей Lonicera iliensis Pojark. в ценопопуляциях № 5 и № 8 листовые пластинки отличаются более крупными размерами. Также, у особей данных № 5 и № 8 ценопопуляций выявлены наиболее ксероморфные черты организации.

Ключевые слова: Lonicera iliensis Pojark., эпидерма, склеренхима, флоэма, паренхима, трихомы, проводящий пучок.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 581.8

[1,2*]Қарашолақова Л.Н., [1]Мұхитдинов Н.М., [1]Ахметова А.Б.

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
[2]Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
[*]E-mail: karasholakova.lazzat@mail.ru

СИРЕК КЕЗДЕСЕТІН ЭНДЕМ *LONICERA ILIENSIS* POJARK. ӨСІМДІГІ ЖАПЫРАҒЫНЫҢ АНАТОМИЯЛЫҚ-МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Кіріспе

Қоршаған ортада тіршілік ететін адамзат пен барлық тірі организмдер өзара байланысқан физикалық және биологиялық факторлардың тұтас жүйесін құрайды. Антропогендік және табиғи факторлар экологиялық тепе-теңдікке әсер етеді және тірі организмдердің тіршілік ету жағдайларына өз әсерлерән тигізеді [1, 2].

Қазіргі кезде табиғатқа өте жоғары қауіп төндіруші антропогендік фактор болғандықтан, қоршаған ортаны қорғау және биологиялық алуантүрлілікті сақтау ең негізгі міндеттердің бірі болып табылады [3]. Өсімдіктерді қорғау және олардың генофондын сақтау мәселесі, әсіресе, жоғалып бара жатқан, сирек кездесетін, эндем және реликті өсімдік түрлерін сақтап қалу қазіргі күні ең өзекті мәселелердің біріне айналды. Қазіргі күні табиғатта жоғалып кету қаупі төніп тұрған, сирек кездесетін, эндем және реликті өсімдіктердің түрлерін сақтап қалу үшін осы өсімдік түрлерінің популяцияларының қазіргі жағдайын зерттеп, бағалау керек.

Сирек түрлердің биологиясы, олардың вегетативтік мүшелері мен популяцияларының құрылысын білу популяцияның болашақта қалай дамитынын, сондай-ақ, қоршаған ортаның жағымсыз факторларының әсеріне өсімдіктердің бейімделу мүмкіндіктерін болжауға мүмкіндік береді.

Вегетативтік мүшелерді салыстырмалы анатомиялық зерттеу өсімдіктердің құрылымдық ұйымдасуының заңдылықтарын, оның онтогенез бен филогенездегі қалыптасуын танып-білудің маңызды көзі болады. Өсімдіктердің вегетативтік мүшелерінің морфо-анатомиялық құрылысының өсу ортасына тәуелділігі белгілі және көптеген жұмыстарда сипатталған [4].

Lonicera iliensis Pojark.– *Caprifoliaceae* тұқымдасы, *Caerulea* Rehd. секция тармағына жататын, географиялық және экологиялық жекеленген, ареалы қысқарған сирек, эндем түр. Қоры өте аз, ареалдың бір бөлігін Қапшағай суқоймасының сулары басып қалған. Бұл өсімдік жарықсүйгіш, әлсіз көлеңкеге төзімді. Топырақтың батпақтануына төзе алмайды. Мезофит. Топырақ құрамына талабы жоғары емес, сондықтан да кедей топырақтарда өсе алады. Алайда, бейтарап және әлсіз сілтілі то-

пырақтарды (pH 7.6-8.2) жөн көреді [5-8]. Эндемдер әдетте тіршілік ортасының белгілі бір қатаң жағдайларында өсуге бейімделген. Осының салдарынан негізгі ареал шекарасында біркелкі таралмайды. Осыған байланысты, эндем түрлер аймақтық флоралардың ең әлсіз, осал бөлігі болып табылады, ал антропогендік факторлар қысымының артуы оларды ареалдарының одан әрі қысқаруына әкеліп соғады.

Іле ұшқатының 3 популяциясының 9 ценопопуляциясындағы жас, орта және кәрі генеративтік дарақтарының сабақтарының анатомиялық-морфологиялық ерекшеліктері зерттелген [9]. Зерттеу нәтижесінде төмендегідей мәліметтер алынған. №2 және № 4 ценопопуляция жас генеративтік дарақтарының өткізгіш шоқтары кеңсәулелі ксилемалық түтікшелерден түзілген. Өткізгіш шоқтар ауданының артуы су мен суда еріген заттардың өткізгіштігін жоғарылатады. № 2, № 4 және № 6 ценопопуляциялардың жас және кәрі генеративтік дарақтары сабақтарының өзек паренхимасы жақсы дамыған.

2 популяцияның жас генеративтік дарақтарында камбийдің әр түрлі белсенділігі анықталды. Бұл сабақтың бірқалыпты дамымауына әкеліп соғады.

1 популяцияның № 2 ценопопуляциясы орта генеративтік дарақтарында эпидермис клеткалары қалыңдығы, склеренхима қабаты және өзек диаметрінің қысқаруы байқалды.

№ 6 және № 9 ценоценопопуляцияларда кәрі генеративтік дарақтарда склеренхималық талшықтардан түзілген механикалық ұлпаның күшті дамуы және қалың кутикула қабатының есебінен жабынды ұлпаның жуандауы анықталды.

Жұмыстың мақсаты – әр түрлі экологиялық-ценотикалық жағдайда өскен Іле ұшқаты жапырағының салыстырмалы анатомиялық-морфологиялық құрылысы мен кейбір биометриялық көрсеткіштерін зерттеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу объектілері – Іле ұшқаты популяциялары :

1) 1 популяция – Алматы облысы, Балқаш ауданы, Бақанас елді-мекеніне жақын Іле өзені жағалауы. GPS координаттары: N $44^0$45.784/ , E $076^0$19.710/, теңіз деңгейінен биіктігі 351-398 м;

2) 2 популяция –Алматы облысы, Райымбек ауданы, Алғабас елді-мекеніне жақын Шелек өзені жағалауы. GPS координаттары: N $43^0$12.079/, E $078^0$31.412/, теңіз деңгейінен биіктігі 1216-1232 м;

3) 3 популяция – Алматы облысы, Райымбек ауданы, Ақтоғай шатқалындағы Шарын өзені жағалауы. GPS координаттары: N $43^0$12.959/, E $078^0$50.576, теңіз деңгейінен биіктігі 1142-1156 м.

Іле ұшқаты өсімдігі жапырақтарыСтрасбургер-Флемминг әдісімен фиксацияланды. Сақтаушы сұйықтық спирт-глицерин-судың қоспасы ретінде 1:1:1 қатынаста жасалды. Фиксация 96% этил спиртінде жүргізілді. Анатомиялық препараттар мұздатушы ТОС-2 қондырғысы бар микротом көмегімен дайындалды. Кесінділер жалпыға белгілі әдістер бойынша [10] дайындалды. Анатомиялық кесінділердің қалыңдығы 10-15 мкм құрады.

Сандық талдау үшін биометриялық көрсеткіштер МОВ-1 окуляр-микрометрі (ұлғайтылуы 10,7 есе, обьектив х 9) көмегімен өлшенді. Анатомиялық кесінділердің суреттері CAM V400/1.3M видеокамерасы бар МС-300 микроскопында жасалды. Биометриялық көрсеткіштерді статистикалық өңдеу Г.Ф. Лакин және Н.Л. Удольская бойынша жүргізілді [11, 12]. Өсімдіктердің ішкі құрылымын сипаттауда жалпы қабылданған терминология қолданылды [13, 14].

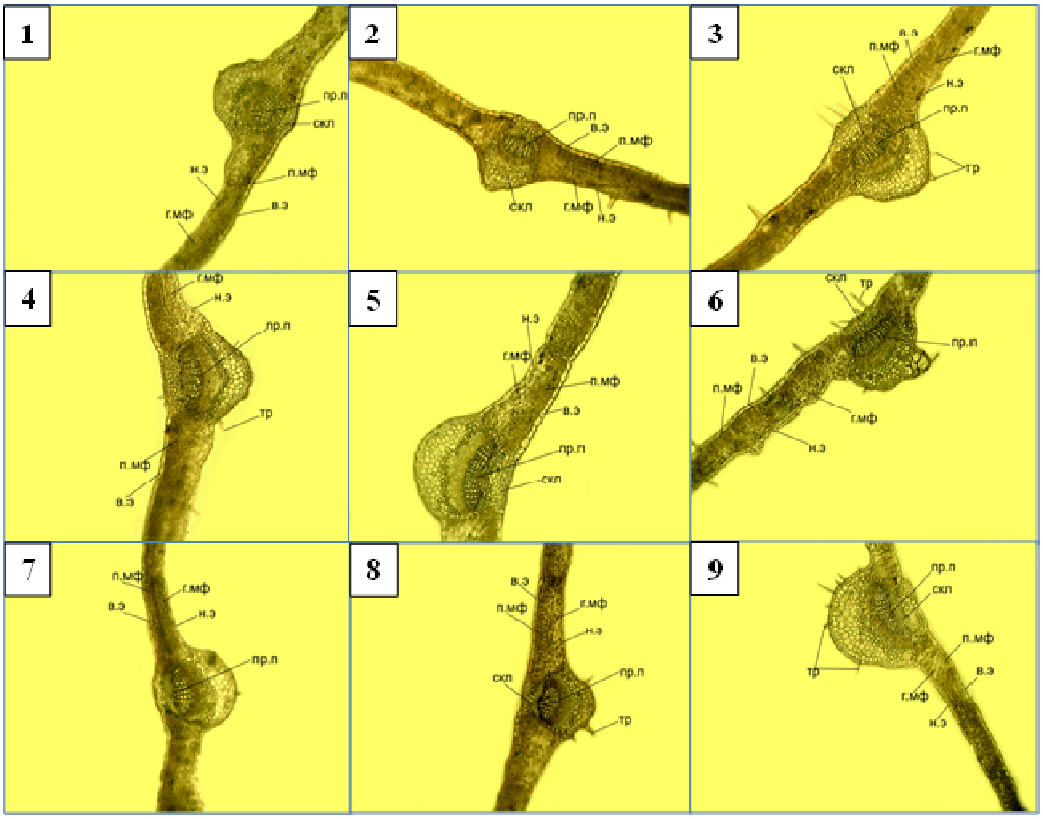
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Lonicera iliensis өсімдігі жас генеративтік дарағының жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысы

Жапырақ тақтасының көлденең кесіндісі эпидермис, мезофилл, өткізгіш және механикалық ұлпалардан тұрады. Жапырақ тақтасының сыртын клеткалары бір қатарға орналасқан эпидермис қаптаған. Эпидермис клеткалары бірбірімен тығыз қабысқан, клеткааралықтары жоқ. Эпидермисті жұқа кутикула қабаты қаптаған. Бірінші популяция өсімдіктерінде эпидермальды клеткалар тангентальды бағытта созылған: олардың ені биіктігінен әлдеқайда артық. № 3 ценопопуляция өсімдіктерінде жабынды түктер байқалады (1-сурет). Екінші популяция дарақтарында бірнеше трихомалар бар. Үшінші популяцияның № 3 ценопопуляциясы өсімдіктерінің жапырақ тақташалары біршама жалпақ, басты жүйке орналасқан жерде, жапырақтың астыңғы жағынан ірі дөңес байқалады (1-сурет).

Жоғарғы және төменгі эпидермис аралығындағы кеңістіктекұрамында хлорофилл бар ұлпаның клеткалары – мезофилл орналасқан. Мезофилл клеткааралықтары мен ауаға толы

қуыстар көп болатын бағаналы және борпылдақ мезофиллге дифференциацияланған. Бағаналы мезофилл екі-үш қабат клеткалардан, ал борпылдақ мезофилл қабат саны мен жалпы қалыңдығы бойынша бағаналы мезофиллге сәйкес келеді. Мезофилл клеткалары пішіндері бойынша біркелкі келген: бағаналы мезофилл клеткалары аздап созылыңқы-сопақша, борпылдақ – біршама дөңгелек пішінді. Бағаналы мезофилл клеткалары жапырақтың бетіне перпендикулярлы созылған.



в.э – жоғарғы эпидермис, н.э – төменгі эпидермис, тр – трихомалар, п.мф – бағаналы мезофилл, г.мф – борпылдақ мезофилл, скл – склеренхима, пр.п – өткізгіш шоқ; 1 популяция ценопопуляциялары – 1, 2, 3; 2 популяция ценопопуляциялары – 4, 5, 6; 3 популяция ценопопуляциялары – 6, 7, 8.

1-сурет – *Lonicera iliensis*жас генеративтік дарақтары жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысы (х40)

1 популяцияда өткізгіш шоқтар коллатеральды жабық, жапырақ тақтасының қалыңдығы бойымен бір қатарға орналасқан. Жапырақтың ортасында ірі өткізгіш шоғы орналасқан, ал бүйір жағында мезофилл қалыңдығында майда өткізгіш шоқтары орналасқан (1-сурет).

№ 5 ценопопуляция дарақтарында бағаналы паренхима клеткаларының сопақша-созылыңқы болуы байқалады. Ксилема мен флоэма жабық (камбийсіз) коллатеральды өткізгіш шоқтарға біріккен. Ксилема жапырақтың жоғарғы жағына, ал флоэма төменгі жағына бұрылған (1-сурет).

№ 1 және 2 ценопопуляциялардағы көптеген өсімдіктердің төменгі эпидермисінің клеткалары жоғарғы эпидермис клеткаларынан қалыңдықтары артық. Бұл эпидермистің сыртқы қабатын жауып тұратын қалың кутикула қабатына байланысты болуы мүмкін. Биометриялық мәліметтер бойынша, № 1 ценопопуляцияның жас генеративті өсімдіктері, № 2 және 3 ценопопуляциялармен салыстырғанда, біршама қалыңдаған жапырақ тақтасына ие. № 6 ценопопуляцияда жапырақ тақтасының қалыңдағаны, борпылдақ мезофиллдің біршама дамығандығы анықталды (1-кесте).

1-кесте – *Lonicera iliensis* жас генеративтікдарақтары жапырақ тақтасыныңбиометриялықкөрсеткіштері

Ценопопуляция	Жапырақ тақтасының қалыңдығы, мкм	Эпидермис қалыңдығы, мкм		Мезофилл қалыңдығы, мкм		Склеренхималық қоршау қалыңдығы, мкм
		жоғарғы	төмен	бағаналы	борпылдақ	
1 популяция						
1	115,25±2,12	7,95±1,37	9,44±0,24	52,33±2,41	49,30±1,31	27,26±2,66
2	112,03±2,44	9,85±1,03	10,88±1,95	41,67±1,39	46,76±2,69	38,70±2,53
3	113,00±1,62	8,46±0,87	7,98±1,05	30,98±2,28	56,15±1,84	43,37±2,45
2 популяция						
4	105,25±2,13	7,05±0,47	8,45±1,24	51,23±2,15	47,31±1,21	25,16±2,44
5	103,03±2,11	8,75±1,13	8,89±1,85	43,57±2,73	46,56±2,72	36,75±2,37
6	112,00±1,32	8,56±1,97	7,88±1,15	31,78±1,28	56,25±2,31	42,35±2,25
3 популяция						
7	111,54±1,56	8,59±1,73	9,43±1,47	49,37±2,19	45,03±1,11	32,63±1,46
8	109,30±2,10	8,95±1,34	9,68±1,05	45,75±2,15	46,66±2,28	36,73±2,57
9	113,43±1,87	8,64±1,79	8,85±1,15	43,95±1,33	46,25±2,13	41,74±2,55

Lonicera iliensis өсімдігі орта генеративтік дарағының жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысы

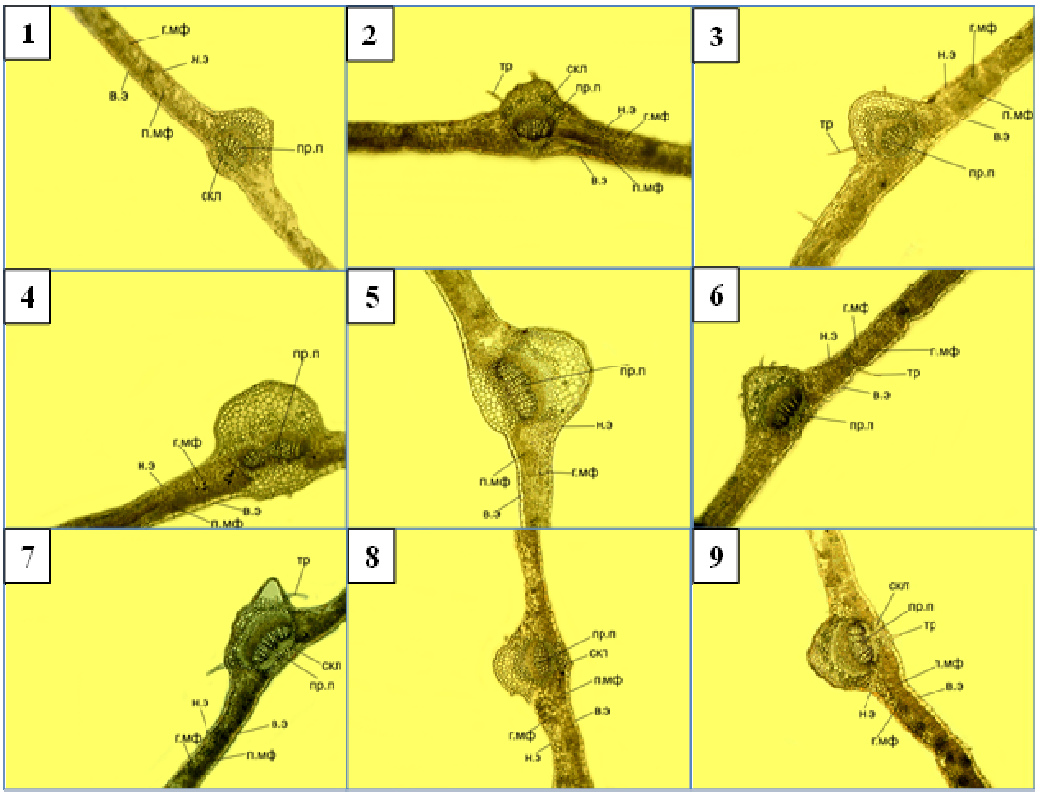
Жапырақ тақтасының көлденең кесіндісі эпидермис, мезофилл, өткізгіш шоқтар мен механикалық ұлпалардан тұрады. Эпидермисі бірқабатты. Жабынды ұлпа клеткалары тығыз біріккен, клеткааралықтары жоқ, жұқа кутикула және балауыз жұғынымен жабылған. Түктілік байқалады. Жапырақ тақтасының мезофилі хлоропласттарға бай бағаналы паренхима және борпылдақ паренхиманың екі немесе үш қабат клеткаларынан тұрады. Бағаналы мезофилл клеткалары жапырақ тақтасының бетіне перпендикулярлы созылған.

Өткізгіш шоқтар коллатеральды жабық, жапырақ тақтасының қалыңдығы бойынша бір қатарға орналасқан. Жапырақтың ортасында ірі өткізгіш шоғы орналасқан, ал бүйір жағында мезофилл қалыңдығында майда өткізгіш шоқтары орналасқан. Өткізгіш шоқтардың барлық жүйесі склеренхималық қоршауға ие (2-сурет).

№ 3 ценопопуляцияның орта генеративтік дарақтарының жапырақ тақтасы біршама ірі өлшемдері және склеренхималық қоршаудың күшті дамуымен ерекшеленеді. № 2 ценопопуляция өсімдіктерінде, керісінше, жоғарғы эпидермис клеткаларының қалыңдығы, мезофилл қалыңдығы және механикалық ұлпа клеткаларының қалыңдығы жұқарған (2-кесте).

Іле ұшқатының № 5 ценопопуляция дарақтары жапырақ тақтасы ірі өлшемдерімен ерекшеленді. Осы ценопопуляция дарақтарында ксероморфтық ұйымдасу (жапырақ тақтасының максималды қалыңдығы және көпқабатты болуы, бағаналы паренхима клеткаларының пішіні сопақша-созылыңқы, эпидермистің күшті кутинизациясы) байқалды. Төменгі эпидермистің қалыңдығы № 4 және 6 ценопопуляциялардағы өсімдіктердің көрсеткіштерінен әлдеқайда артық (2-кесте).

№ 8 ценопопуляцияның орта генеративтік дарақтарында ксероморфтық ұйымдасу белгілері (жапырақ тақташасының максимальды қалыңдығы мен көпқабаттылығы, бағаналы паренхима клеткаларының пішіндері сопақша-созылыңқы, склеренхималық қоршаудың қалың қабаты және төменгі эпидермистің күшті кутинизациясы) табылды (2-кесте).



в.э – жоғарғы эпидермис, н.э – төменгі эпидермис, тр – трихомалар, п.мф – бағаналы мезофилл, г.мф – борпылдақ мезофилл, скл – склеренхима, пр.п – өткізгіш шоқ; 1 популяция ценопопуляциялары – 1, 2, 3; 2 популяция ценопопуляциялары – 4, 5, 6; 3 популяция ценопопуляциялары – 6, 7, 8.

2-сурет – *Lonicera iliensis*орта генеративтік дарақтары жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысы (х40)

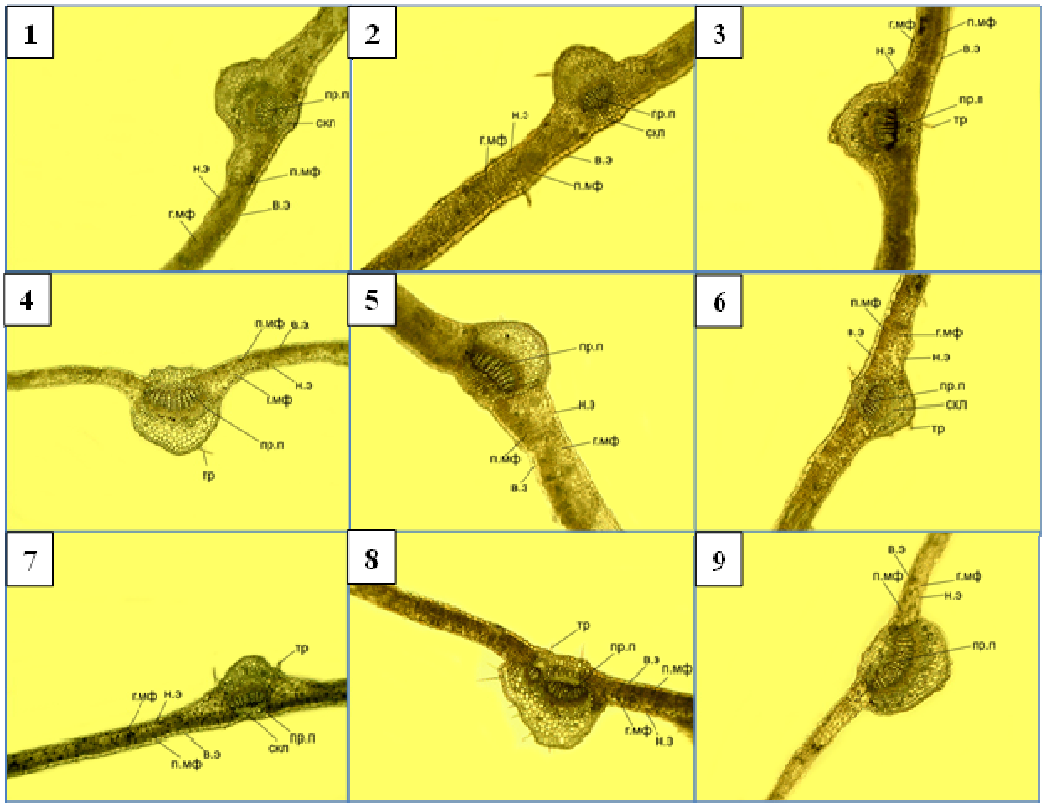
2-кесте – *Lonicera iliensis* орта генеративтік дарақтары жапырақ тақтасының биометриялық көрсеткіштері

Ценопопуляция	Жапырақ тақтасының қалыңдығы, мкм	Эпидермис қалыңдығы, мкм		Мезофилл қалыңдығы, мкм		Склерен-хималық қоршау қалың-дығы, мкм
		жоғарғы	төмен	бағаналы	борпылдақ	
1 популяция						
1	107,67±1,17	6,79±1,40	7,11±1,56	43,54±2,48	37,43±2,39	33,68±1,49
2	106,91±2,76	5,51±0,47	8,75±1,57	23,58±1,19	24,31±1,54	23,40±0,65
3	135,11±1,16	6,35±1,54	6,17±0,48	29,57±5,79	35,05±2,86	36,23±2,41
2 популяция						
4	117,67±2,17	7,89±2,40	7,12±2,56	21,56±1,29	35,41±3,76	32,68±2,39
5	125,12±1,10	7,36±1,73	8,85±1,67	46,84±3,18	22,29±1,52	21,40±1,55
6	112,71±2,96	5,61±0,56	6,18±2,14	27,57±3,97	32,03±1,86	34,13±1,12
3 популяция						
7	127,79±1,07	6,77±2,41	7,17±2,06	56,45±3,28	32,34±3,87	30,86±1,39
8	136,18±2,67	6,17±2,94	8,55±2,74	63,85±2,69	26,33±1,45	33,33±2,21
9	125,15±2,55	6,54±2,43	7,73±2,83	42,57±2,59	35,15±4,86	28,41±2,65

Lonicera iliensis өсімдігі кәрі генеративтік дарағының жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысы

Жапырақ тақтасының сырты бір қабатты эпидермис клеткаларымен қапталған. Эпидермис клеткалары тығыз қабысқан, клеткааралықтары жоқ. Жапырақ тақтасының эпидермальды клеткаларының негізгі массасы тығыз орналасқан және суды жоғалтуды төмендететін жұқа кутикула қабатымен жабылған. Бірінші популяцияның № 2 ценопопуляция өсімдіктерінде қалың емес түктілік байқалады. Ал екінші популяция дарақтарында жабынды трихомалар жапырақ бетінің әр жерлерінде кездеседі.

Жапырақ тақтасының жоғарғы және төменгі эпидермисі арасында құрамында хлорофилл бар ұлпа клеткалары – мезофилл орналасқан. Мезофилл клеткаралықтары мен ауаға толы қуыстары көп бағаналы және борпылдақ мезофиллге дифференцияланған.



в.э – жоғарғы эпидермис, н.э – төменгі эпидермис, тр – трихомалар, п.мф – бағаналы мезофилл, г.мф – борпылдақ мезофилл, скл – склеренхима, пр.п – өткізгіш шоқ; 1 популяция ценопопуляциялары – 1, 2, 3; 2 популяция ценопопуляциялары – 4, 5, 6; 3 популяция ценопопуляциялары – 6, 7, 8.

3-сурет – *Lonicera iliensis*кәрі генеративтік дарақтары жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысы (х40)

Бірінші популяцияда № 3 ценопопуляция өсімдіктері жапырақ тақталарында борпылдақ мезофилл қалыңдығы бойынша бағаналы мезофилл клетка қабатынан асады. Бағаналы мезофилл клеткалары жапырақ бетіне перпендикулярлы созылған, тығыз қабат түрінде 2 қатарға орналасқан (3-сурет).

№ 2 және 3 ценопопуляция өсімдіктерінде бағаналы мезофилл клеткалары жапырақ тақтасының бетіне перпендикулярлы біршама созылыңқы келген, тығыз қабат түрінде дұрыс қатармен орналасқан. Мезофиллдің құрылысы мен орналасуы бойынша барлық зерттелген дарақтарда жапырақ тақтасы – бифациальды, яғни бағаналы мезофилл жапырақ тақтасының жоғарғы жағына шоғырланған. Өткізгіш шоқтар жапырақ тақтасы қалыңдығы бойынша бір қатарға орналасқан (3-сурет).

Екінші популяцияда бағаналы паренхимада жоғарғы эпидермиске тік бұрышпен түскен клеткалар ұзын оське ие, бағаналы пішінді келеді. Борпылдақ паренхимада клеткалар бұ-

рыс пішінді келеді. Жапырақтарда ассимиляциялық ұлпалардың дамуы өсімдіктердің өсу ортасында жарық түсуі азды-көпті жағдайда дамиды. № 5 ценопопуляция өсімдіктерінде мезофилл қалыңдығы ең қалың, ал бағаналы және борпылдақ паренхималардың қатынасы бірдей. Мезофил қалыңдығының ұлғаюы жалпы жапырақ тақтасының қалыңдауына әсер етеді. Жапырақ мезофилінде көптеген өткізгіш шоқтар орналасқан. Ең ірі өткізгіш шоқ жапырақ осі бойымен негізгі және механикалық ұлпалармен бірге созылып жатыр және оның үстіңгі бетінде жота түрінде болады. Өткізгіш шоқ ксилема мен флоэмаға ие (3-сурет).

Үшінші популяцияда № 7 ценопопуляция өсімдіктерінде барлық зерттелген құрылымдардың қалыңдығының қысқаруы байқалды. Жапырақ тақтасы басқа ценопопуляциялармен салыстырғанда жұқа болды. Сәйкесінше, мезофиллдің жалпы қалыңдығы да төмендеу болды. Склеренхималық қоршау әлсіз дамыған (3-сурет, 3-кесте).

№ 9 ценопопуляция өсімдіктері қалыңдаған жапырақ тақтасына ие, сонымен қатар, құрамында хлорофилл бар және механикалық ұлпаларының клеткалары күшті дамыған. Бағаналы мезофилл қалыңдығының аздап жұқа болуы клеткалардың ұсақтығына байланысты (3-кесте).

3-кесте – *Lonicera iliensis* кәрі генеративтік дарақтарыжапырақ тақтасының биометриялықкөрсеткіштері

Ценопопуляция	Жапырақ тақтасының қалыңдығы, мкм	Эпидермис қалыңдығы, мкм		Мезофилл қалыңдығы, мкм		Склеренхималық қоршау қалыңдығы, мкм
		жоғарғы	төмен	бағаналы	борпылдақ	
1 популяция						
1	112,10±1,98	8,06±1,29	8,67±1,38	43,61±2,35	43,71±2,79	35,58±2,45
2	126,37±2,63	8,79±1,83	9,02±0,81	60,34±2,33	53,22±2,14	43,92±2,34
3	141,45±1,16	10,65±1,76	9,81±1,29	46,39±2,68	61,17±2,83	41,97±2,59
2 популяция						
4	116,16±2,13	8,10±1,33	8,71±1,42	47,65±2,21	47,72±2,39	39,58±2,39
5	145,15±1,46	8,80±1,87	9,06±0,81	64,74±2,73	57,26±2,54	47,96±2,34
6	130,39±2,79	9,69±1,80	9,91±1,69	46,43±2,66	66,27±2,47	41,07±2,46
3 популяция						
7	126,01±2,84	8,60±1,92	8,76±1,85	44,18±3,22	42,18±2,32	30,85±2,54
8	157,54±2,61	8,98±1,32	9,12±1,81	58,33±2,31	52,12±2,54	44,29±2,44
9	153,73±2,49	9,54±1,68	9,38±1,93	54,93±2,16	56,17±2,49	45,74±2,16

Қорытынды

Іле ұшқатының үш популяциясы, тоғыз ценопопуляциясы өсімдіктерінің әр түрлі жастық күйлеріндегі дарақтардың жапырақ тақтасының анатомиялық-морфологиялық құрылысы зерттелді. Жүргізілген жұмыстар негізінде келесі қорытындылар жасалды:

1) *Lonicera iliensis* өсімдігінің ценопопуляцияларындағы әр түрлі жастық күйлеріндегі дарақтардың жапырақ тақтасының анатомиялық-морфологиялық құрылысын салыстыру олардың бір-біріне ұқсастығын көрсетті. Барлық дарақтарға дорзовентральдыққұрылыс және мезофиллдің көпқабаттылығы тән.

2) Барлық популяциялардыңүшінші ценопопуляциясында,№ 3, № 6және № 9, дарақтары жалпақ жапырақ тақтасына ие. Бұл бағаналы және борпылдақ мезофилл клеткалары қабатының артуына байланысты.

3) Екінші және үшінші популяциялардың № 5 және№ 8 ценопопуляциялары орта генеративтік дарақтары жапырақ тақталары біршама ірі өлшемдерімен ерекшеленді. Осы ценопопуляциялар дарақтарында ксероморфтық ұйымдасу белгілері табылды.

Әдебиеттер

1 Parmesan C(2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change.Annu Rev EcolEvol S, 37:637–669.

2 Cramer W., Bondeau A., Woodward F.I., Prentice I.C., Betts R.A., Brovkin V., Cox P.M., Fisher V., Foley J.A., Friend A.D., Kucharik C., Lomas M.R., Ramankutty N., Sitch S., Smith B., White A., Young-Molling C. (2001) Global response of terrestrial ecosystem structure and function to $CO_2$and climate change: Results from six dynamic global vegetation models.Glob Change Biol, 7:357–373.

3 Тихонова В.Л., Беловодова Н.Т. (2002) Реинтродукция дикорастущих травянистых растений, Состояние проблемы и перспективы. Бюллетень Главного Ботанического сада, 183:90-107.

4 Серебряков И.Г. (1952) Морфология вегетативных органов высших растений.Советская наука. – М., ISBN:978-5-4458-5466-1

5 Қазақстанның Қызыл Кітабы (2014) 2-басылым. 2-ші том: Өсімдіктер, АртPrintXXI. – Астана, ISBN:978-601-80334-7-6.

6 Пояркова А.И. (1958) Род *Lonicera* L. Флора СССР. – М.: Л.: Изд-во АН СССР. – Т. 23. – С. 467-573.

7 Флора Казахстана (1965). – Алматы: Наука. – Т. 8. – 448 с.

8 Куклина АГ, Скворцов АК (1990) К интродукции жимолости илийской. Бюллетень Главного Ботанического Сада, 157:3-9.

9 Мухитдинов НМ, Ахметова АБ, Аметов АА, Абидкулова КТ, Карашолакова ЛН(2012) Сравнительная анатомо-морфологическая характеристика стебля *Lonicera Iliensis* Pojark. из разных эколого-ценотических условий. Вестник КазНУ, серия экологическая, 3(35):63-73.

10 Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. (2004) Справочник поботаническоймикротехнике. Основы и методы. МГУ. – М., ISBN: 5-211-06103-9.

11 Лакин Г.Ф. (1990) Биометрия. Высшая школа. – М., ISBN: 5-06-000471-6.

12 Удольская Н.Л. (1976) Введение в биометрию.Наука Казахской ССР. – Алма-Ата. – 83 с.

13 Лотова Л.И. (2007) Ботаника: морфология и анатомия высших растений. КомКнига. – М., ISBN:978-5-484-00698-4.

14 Лотова Л.И., Тимонин А.К. (1989) Сравнительная анатомия высших растений.Учебно-методическоепособие.МосковскийУниверситет. – М., ISBN: 5-211-01190-2.

References

1 Parmesan C(2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change.Annu Rev EcolEvol S, 37:637–669.

2 Cramer W., Bondeau A., Woodward F.I., Prentice I.C., Betts R.A., Brovkin V., Cox P.M., Fisher V., Foley J.A., Friend A.D., Kucharik C., Lomas M.R., Ramankutty N., Sitch S., Smith B., White A., Young-Molling C. (2001) Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO2and climate change: Results from six dynamic global vegetation models.Glob Change Biol, 7:357–373.

3 Tihonova V.L., Belovodova N.T. (2002) Reintrodukcija dikorastushhih travjanistyh rastenij, Sostojanie problemy i perspektivy. Bjulleten’ Glavnogo Botanicheskogo sada, 183:90-107.

4 Serebrjakov I.G. (1952) Morfologija vegetativnyh organov vysshih rastenij.Sove-tskaja nauka. – M., ISBN:978-5-4458-5466-1

5 Қазақстаннуң Қyzyl Kitaby (2014) 2-basylym. 2-shi tom: Өsimdikter, ArtPrintXXI. – Astana, ISBN:978-601-80334-7-6.

6 Pojarkova A.I. (1958) Rod Lonicera L. Flora SSSR. – M.: L.: Izd-vo AN SSSR. – T. 23. – S. 467-573.

7 Flora Kazahstana (1965). – Almaty: Nauka. – T. 8. – 448 s.

8 Kuklina AG, Skvorcov AK (1990) K introdukcii zhimolosti ilijskoj. Bjulleten’ Glavnogo Botanicheskogo Sada, 157:3-9.

9 Muhitdinov NM, Ahmetova AB, Ametov AA, Abidkulova KT, Karasholakova LN(2012) Sravnitel’naja anatomo-morfologicheskaja harakteristika steblja Lonicera Iliensis Pojark. iz raznyh jekologo-cenoticheskih uslovij. Vestnik KazNU, serija jekologicheskaja, 3(35):63-73.

10 Barykina R.P., Veselova T.D., Devjatov A.G., Dzhalilova H.H., Il’ina G.M., Chubatova N.V. (2004) Spravochnik pobotanicheskojmikrotehnike. Osnovy i metody. MGU. – M., ISBN: 5-211-06103-9.

11 Lakin G.F. (1990) Biometrija. Vysshaja shkola. – M., ISBN: 5-06-000471-6.

12 Udol’skaja N.L. (1976) Vvedenie v biometriju.Nauka Kazahskoj SSR. – Alma-Ata. – 83 s.

13 Lotova L.I. (2007) Botanika: morfologija i anatomija vysshih rastenij. KomKniga. – M., ISBN:978-5-484-00698-4.

14 Lotova L.I., Timonin A.K. (1989) Sravnitel’naja anatomija vysshih rastenij.Ucheb-no-metodicheskoeposobie.MoskovskijUniversitet. – M., ISBN: 5-211-01190-2.

[1]Қоңырова Ж.Б.,
[1]Давлетова А.Н.,
[1]Қуатбаев А.Т.,
[2]Таирова С.К.,
[1]Назарбекова С.Т.,
[1]Чилдибаева А.Ж.

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
[2]«Жер кадастры ғылыми-өндірістік орталығы» Республикалық мемлекеттік кәсіпорны, Қазақстан, Алматы

Талас өзені аңғарындағы табиғи мал жайылымдарындағы өсімдіктер қауымдастықтарының ерекшеліктері

Мақалада Талас ауданына қарасты Талас өзені аңғарындағы табиғи мал жайылымдарыныңөсімдіктер қауымдастықтарының флоралық құрамы анықталып, маңызды өсімдіктер топтарына сипаттама берілген. Зерттеу нысаны ретінде Талас ауданындағы Кеңес және Шакиров ауылдық округтері алынды. Талас ауданының Кеңес және Шакиров ауылдық округіндегі өсімдік жабынының флоралық құрамы – 22 тұқымдас, 65 туысқа жататын 97 өсімдік түрінен тұрады. Кездесетін түрлер саны жөнінен басым алғашқы бес орынды Алабұталар тұқымдасы (Chenopodiaceae Vent), Қоңырбастар (Poaceae Barn.), Күрделігүлділер (Asteraceae Bercht), Бұршақ тұқымдасы (Fabaceae Lindl), Лалагүлділер (Liliaceae Hall) алады. Қорғасыншөптер (Plumbaginaceae Juss.), Түйетабандар (Zygophyllaceae R.BR.), Крестгүлділер (Cruciferae Juss.), Қияқөлеңдер (Cyperaceae Juss.), Қалампырлар (Caryophyllaceae Juss.) мен Құртқашаштар тұқымдастары (Iridaceae Juss.) 1–4 түрден кездеседі. 1978 жыл мен 2015 жылдағы зерттеу нәтижелерін салыстырғанда өсімдіктер жабынында, атап айтқанда метеорологиялық динамикасы, экологиялық жағдайлары, өсімдік түрлері мен жекелеген контурлардың құрамында өзгерістер анықталды. Соңғы жылдардағы мал басының азаюы мен мал жаюды шектеу аталған аудандағы бағалы жайылымдық өсімдіктердің дамуына оңтайлы жағдайлар жасауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: доминант түрлер, жайылым, өсімдіктер жабыны, өсімдіктер тұқымдастары, флоралық құрамы,шабындық.

[1*]Konyrova Zh.B.,
[1]Davletova A.N.,
[1]Kuatbayev A.T.,
[2]Tairova S.K.,
[1]Nazarbekova S.T.

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
[2]Scientific-Production Center of Land Cadastre, Kazakhstan, Almaty

Features of plant communities of natural forage lands of Talas river delta

The article describes and defines the floristic composition of plant communities of natural forage lands of Talas River delta, Zhambyl Region. Talas River flows through the lands of Bayzak, Talas, and Sarysu Districts. The study was conducted in Kenes and Shakirov rural districts of Talas District. The study revealed 97species belonging to 65 genera and 22 families in the floristic composition of the vegetation cover of Kenes and Shakirov rural districts. Top 5 in the number of dominant species includes Chenopodiaceae Vent, Poaceae Barn, AsteraceaeBercht, Fabaceae Lindl, and Liliaceae Hall families. Such families as Plumbaginaceae Juss, Zygophyllaceae R.BR, Cruciferae Juss, Cyperaceae Juss., Caryophyllaceae Juss, and Iridaceae Juss are represented by 1-4 species. Ecological analysis of the local flora of the survey district shows the widespread of xerophytes on piedmont plain, mesophytes and halophytes – in the depressions and ancient alluvial delta of the Talas River. The comparison of results of the surveys of 1978 and 2015 revealed some changes in vegetation, mainly related to the dynamics of the weather, environmental conditions, specification of plant species and the maintenance of separate circuits.

Key words: vegetation, pasture, hay, floristic composition, dominant species, plant families.

---

[1]Қоңырова Ж.Б.,
[1]Давлетова А.Н.,
[1]Қуатбаев А.Т.,
[2]Таирова С.К.,
[1]Назарбекова С.Т.

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы
[2]Республиканское государственное предприятие «Научно-производственный центр Земельного кадастра», Казахстан, Алматы

Особенности растительных сообществ природных кормовых угодий дельты реки Талас

В статье дано описание и определение флористического состава растительных сообществ природных кормовых угодий дельти реки Талас Жамбылской области. Река Талас протекает через земли районов Байзак, Талас и Сарысу. Объектами исследования были выбраны сельские округи Таласского района – Кенес и Шакиров. В результате исследования в флористическом составе растительного покрова сельских округов Кенес и Шакиров выявлены 97 видов, относячихся к 65 родам и 22 семействам. В первую пятерку по видовому разнообразиювходят семейства Маревые (Chenopodiaceae Vent), Злаковые (Poaceae Barn.) Сложноцветковые (Asteraceae Bercht), Бобовые (Fabaceae Lindl) и Лилейные (Liliaceae Hall). Семейства Свинчатковые (Plumbaginaceae Juss), Парнолистниковые (Zygophyllaceae R.BR), Крестоцветные (Cruciferae Juss), Осоковые (Cyperaceae Juss.), Гвоздичные (Caryophyllaceae Juss) и Касатиковые (Iridaceae Juss) встречаются 1-4 видам. Сопоставление результатов обследования 1978 и 2015 годов позволило выявить некоторые изменения в растительности, связанные в основном с динамикой метеорологических, экологических условий, уточнением видов растений и содержания отдельных контуров.

Ключевые слова: доминантные виды, пастбище,растительность, семейства растений, сенокос,флористический состав.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 631.617.581.14:631.53.02

[1*]Қоңырова Ж.Б., [1]Давлетова А.Н., [1]Қуатбаев А.Т., [2]Таирова С.К., [1]Назарбекова С.Т., [1]Чилдибаева А.Ж.

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
[2]«Жер кадастры ғылыми-өндірістік орталығы» Республикалық мемлекеттік
кәсіпорны, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
[*]E-mail: zhuldyz-91.23@mail.ru

ТАЛАС ӨЗЕНІ АҢҒАРЫНДАҒЫ ТАБИҒИ МАЛ ЖАЙЫЛЫМДАРЫНДАҒЫ ӨСІМДІКТЕР ҚАУЫМДАСТЫҚТАРЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Кіріспе

Өсімдіктер жабыны – биосфераның ең маңызды компоненті. Жер барлық тірі организмдерге алғашқы биологиялық өнімділіктің негізгі қайнар көзі бола отырып, олардың тіршілік мүмкіндігін айқындайды. Өсімдіктердің жай-күйі мен дамуы қоршаған ортаның барлық параметрлерінің тұрақтылығына тәуелді.

Бүгінгі таңда республика аумағындағы 187 миллион гектар көлемді алып жатқан жайылым, 5 миллион гектар шалғындық және 2,4 миллион гектар мал азықтық дақылдардың егістіктері жем-шөптің негізгі қоры болып табылады [1].

Жайылым көлемі жағынан Қазақстан дүние жүзінде бесінші орын алады. Еліміздің бүкіл жер көлемінің 67% және ауыл шаруашылығына пайдаланылатын жердің 80% жайылымның үлесіне тиеді. Жайылымның азықтық сыйымдылығы 25–28 млн. тонна азық өлшеміне тең. Дүниежүзілік банк сарапшыларының деректеріне сүйенсек, жайылымдардың жыл сайынғы қайта қалпына келетін азықтық ресурстары 1,2 млрд. АҚШ долларымен бағаланады екен [2].

Қазақстан территориясының негізгі аумағын далалы, шөлді белдемдер алып жатқандықтан және аграрлық ел болғандықтан табиғи мал жайылымдарындағы өсімдіктер қауымдастықтарын, олардың флоралық құрамын, мал азықты өсімдіктердің қорын, өнімділігін анықтау өзекті мәселелердің бірі. Біздің зерттеу жұмыстарымыз осы мәселені шешу мақсатында Жамбыл облысы, Талас ауданы, Шакиров ауылдық округіне қарасты мал жайылымдарының өсімдіктер қауымдастықтарының флоралық құрамын, ондағы малазықты, улы және дәрілік өсімдік түрлерін анықтауға арналған.

Табиғи мал жайылымдарындағы қазіргі таңдағы өсімдіктер жабынын, қауымдастықтағы малазықты өсімдіктердің өнімділігін анықтау мақсатында зерттеу жұмыстары «Жер кадастры ғылыми-өндірістік орталығы» Республикалық мемлекеттік кәсіпорны мекемесі қызметкерлерімен бірге Жамбыл облысы, Талас ауданының Кеңес және Шакиров ауылдық округтерінің территориясында жүргізілді.

Зерттеу әдістері

Зерттеу жұмыстары классикалық әдістер бойынша, малазықты өсімдіктердің маусым бойынша өнімділігін анықтау модельдік әдіс бойынша жүргізілді [3]. Зерттеу жұмыстары үшін алдымен нысан және зерттеу масштабы жоспарланып, жоспарлы-картографиялық материалдар жинақталды, зерттеу жұмысы жүргізілетін аумақтың шекарасы нақтыланып, нысан туралы мәліметтер (өсімдік жабыны, топырағы, климаты және т.б.) жинақталды. Талдау жүргізу үшін алдыңғы жылдарда жүргізілген геоботаникалық және топырақ қабатын зерттеу туралы жұмыстардың нәтижелері қаралып, топокарталар, фотожоспарлар, сызбалар таңдалып алынды.

Далалық кезеңде территория ландшафтының ерекшеліктерімен, өсімдіктер жабынының таралу заңдылықтары мен мәденитехникалық жағдайымен өсімдіктер жабыны мен топырағымен танысумақсатында рекогносцировка жүргізіліп, Жамбыл облысы Талас ауданы Кеңес және Шакиров ауылдық округтерінің өсімдіктер үлгілері жиналды.

Камералдық кезеңде далалық кезеңде жинақталған материалдар өңделді. Өңдеу жұмыстары кезінде зерттеліп отырған аймақтың флоралық құрамы анықталып, нақтыланды [4].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Зерттелетін аймақ территориясы тау етегі-шөлді-далалы белдемге, солтүстіктің ашық сұр топырағы мен сұр-құба топырақ белдем тармағына жатады. Рельефтің негізгі типтері – тау етегіндегі толқынды-көлбеу, толқынды, аз толқынды жазық; ежелгі және қазіргі Талас өзені аңғарлары (оның ішінде құмдар).

Өсімдіктер жабыны жартылай шөлді (шөлді-далалы) өсімдіктермен сипатталады. Мұнда шөлді жартылай бұташықтар, жартылай бұталар мен далалық тығыз шымқабатты қоңырбастар кездеседі .

Зерттеу аймағы флорасын экологиялық талдау тау етегі мен тау етегіндегі жазықтарда ксерофиттердің, мезофиттер мен галофиттердің – ежелгі және қазіргі Талас өзені аңғарында, псаммофиттердің ұсақтөмпешікті құмдарда кеңінен таралғандығын көрсетті.

Ксерофиттер – жартылай шөлдер мен шөлдерде тіршілік етуге бейімделген өсімдіктер тобы. Зерттеу аумағында мынадай ксерофиттер түрлері кездеседі: боз жусан (*Artemisia terrae-albae* Krasch.) және тұран жусаны (*Artemisia turanica* Krasch.), күйреуік (*Salsola orientalis* S. G. Gmel.), мүйізтүс теріскен (*Kraschenninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.), баялыш (*Salsola arbuscula*Pall) және т.б.

Галофиттерге шалғындық қоңырбастар – кәдімгі қамыс *(Phragmitescommunis* Trin), қызыл тамыр ажырық (*Aeluropusintermedius*. Link) жатады. Мезофильді қоңырбастар – жатаған бидайық (*Agropyron repens* (L.) Beauv.), шалғындық қоңырбас (*Poa pratensis* L.). Әдетте шабындықтарда олардың өнімділігі жоғары болады.

Тау етегі шөлді далалы зонаға даму циклі қысқарғанкөктемгі вегетациясы қысқа өсімдіктер – эфемероидтар мен эфемерлер (жуашықты қоңырбас *(Poa bulbosa* L.), толық қияқөлең (*Carex pachystylis* J. Gay.), шығыс мортығы (*Eremopyrum orientale* L.), құм жауылшасы (*Alyssum desertorum* Stapf)) тән. Бұл өсімдіктердің өнімділігі әр жылда әрқалай болатын көктем маусымындағы ылғалдылық мөлшеріне тәуелді.

Далалық зерттеу жұмыстары нәтижесінде Кеңес ауылдық округінің флоралық құрамында 21 тұқымдас, 64 туысқа жататын 84 өсімдік түрі, ал Шакиров ауылдық округінде – 20 тұқымдас, 60 туыс, 78 түр анықталды (1-сурет).

Тіршілік формасы бойынша көпжылдық өсімдіктер басым болып келеді. Вегетациялық кезеңі ұзақ болып келетін көпжылдық шөптесін өсімдіктер – 40 түр, бұталар – 12 түр, жартылай бұталар – 5 түр, бұташықтар – 4 түр, жартылай бұташықтар – 2 түр, ағаш текті өсімдіктер – 2 түр.

Көпжылдық шөптесін өсімдіктерге қоңырбастар тұқымдасы өкілдері, сонымен бірге жусан мен күрделігүлділер тұқымдастарынан алуаншөптер жатады.

Бұталар – Қылшалар (*Ephedraceae* Wettst), Алабұталар (*Chenopodiaceae* Vent.), Раушангүлділер (*Rosaceae* Juss.), Бұршақ тұқымдастар (*Fabaceae* Lindl.), Түйетабандар (*Zygophyllaceae* R.BR.), Тарандар (*Polygonaceae* Lindl.), Құртқашаштар (*Iridaceae* Juss.), Жыңғылдар (*Tamaricaceae* Link.) тұқымдастары. Жартылай бұталар – Алабұталар (*Chenopodiaceae* Vent.), Кеуелдер (*Capparidaceae* Juss.); жартылай бұташықтар мен бұташықтар – Алабұталар (*Chenopodiaceae* Vent.), Күрделігүлділер (*Asteraceae* Bercht.) және т.б. тұқымдастарының өкілдері.

Біржылдықтар тобын негізінен Қоңырбастар (*Poaceae* Barn.), Крестгүлділер (*Cruciferae* Juss.), Ерінгүлділер (*Labiatae* Juss.), Күрделігүлділер (*Asteraceae* Bercht.), Жидек (*Elaeagnaceae* Juss.)

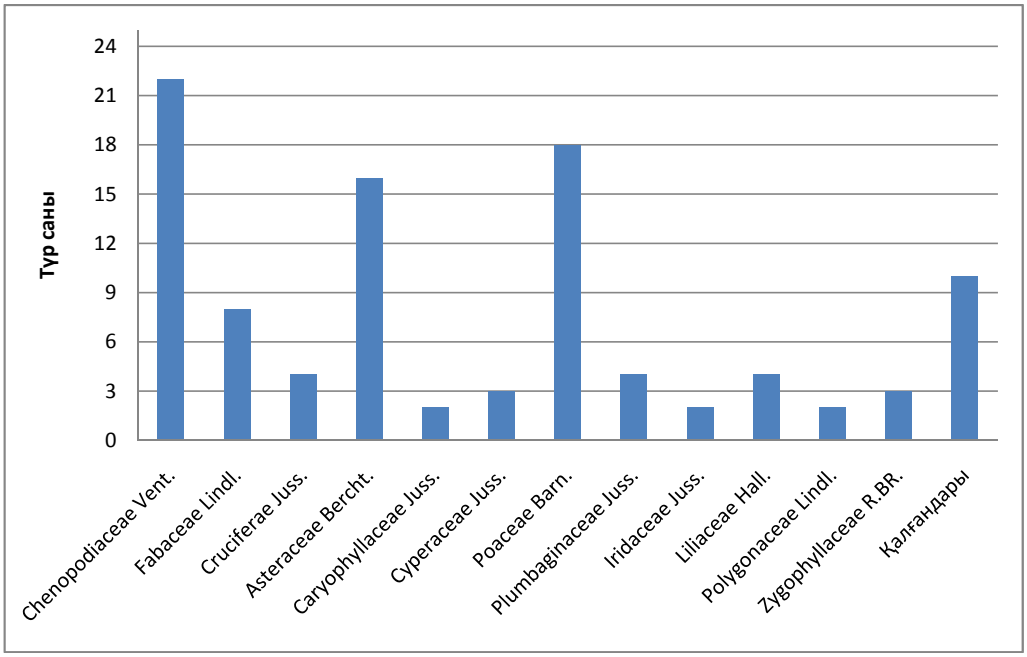
тұқымдастарына жататан өсімдіктер құрайды. Екіжылдық өсімдіктер саны 1 түр.

Біржылдықтар әдетте модификациялық шабындықтарды (құмебелек (*Ceratocarpus arenarius* L.) пен қалталы ебелек (*C.utriculosus* Bluk.), шығыс мортығы (*E.orientale*), ақшыл жусан (*Artemisia pallens* Wall.), тарбақ торғайоты (*Climacoptera brachiata* Pall.) қалыптастырады .

Зерттеу аумағында таралған өсімдіктерді мал азықтық және емдік қасиеттері бойынша 4 топқа бөліп қарастыруға болады. Олар: 1) мал азықты өсімдіктер; 2) мал азықтық және мал нашар жейтін өсімдіктер; 3) улы өсімдіктер; 4) дәрілік өсімдіктер.

Мал азықты өсімдіктер. Боз жусан (*A.terrae-albae*) – көпжылдық шөптесін өсімдік, ұзындығы 45 см, вегетативті және генеративті шыбықтармен қалың тығыз және кең шымды болып келеді. Жапырағы жұмыртқа пішінді. Тамыз-қарашада гүлдейді. Жайылымда көктемде қойлар жақсы және өте жақсы қоректенеді, жазда – қанағаттанарлық немесе нашар, күзде және қыста жылқы және түйе жақсы қоректенеді. Көктемде ірі қара малдар қанағаттанарлықтай қоректенеді, күз бен қыста және жазда мүлдем қоректенбейді. Азықтық сапасы орташадан жоғары.

Бүрлі сарсазан (*Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.B.) – бұташық, ұзындығы 5-40 см, жайылып тармақталған, ағаштекті жас бұтақтар сұр түппен қалыптасқан. Цилиндр тәрізді, тік тұратын, сулы мүшелі, қарама – қарсы дөңгелек бүршіктермен және ұзақ дамымайтын немесе олардан шығатын гүлденгіш бұтақшалардан тұратын біржылдық өсімдік. Гүлдеу және жеміс беруі тамыз-қараша айында. Қой мен ешкі аз қоректенеді. Қыста кезінде жылқылар әр кезде қоректенеді. Пішеннің азықтық құндылығының сапасы жоғары емес.



1-сурет – Кеңес және Шакиров ауылдық округі флорасындағы саны басым тұқымдастар

Жатаған бидайық (*A.repens)* – көпжылдық тамырсабақты өсімдік, биіктігі 50-100 см, тамырсабақтары ұзын, жатаған. Мамыр-шілде айларында гүлдейді. Кең таралған жемшөптік өсімдіктердің бірі. Сумен орташа қамтамасыз етілген топырақта өссе де, құрғақшылыққа және топырақтың тұзденуіна төзімді. Тіршілік ету ортасына байланысты өнімділігі де әр түрлі: құрғақ жерлерде 50-70 см биіктіте өссе, ылғалды шалғындарда 100 см-ден жоғары өседі. Таза бидайықты шабындықтар 25-30 ц/га және одан да көп өнім береді.Вегетациясы басқа өсімдіктерден кеш, бірақ ерте көктемде бастайды. Жайылымда бас масақтануға дейін жақсы желінеді, гүлдені кезінде мал жемейді. Жылқы, қой, ешкі нашар жейді. Балауса кезінде малдың барлық түрі жақсы жейді. Сондықтан бидайықты бас масақтанбай тұрып шауып тастап, жоғары

құнарлыққа ие балаусасын пайдалану керек. Пішенге шабылған шөптерін мал жақсы жейді.

Жуашықты қоңырбас (*P.bulbosa* L.) – тамыры өте жұқа, пиязшықты өсімдік, эфемероид. Кең тараған түр. Дамуы бойынша өте иілгіш өсімдік (2, а-сурет). Қолайлы жағдайда биіктігі 45-50 см-ге дейін жетіп, 15.0 ц/га өнімділік береді. Малдың барлық түрі жейді. Көктем жаз кезінде жайылымда өте жақсы желінеді. Күзде бұндай көрсеткіш төмендейді. Қойлар үшін өте құнарлы азық.

Күздік жусан (*Artemisia serotina* Bunge*.)* – тамыры жуан, ағаштанған болып келеді. Жақсы жапырақтанған қысқарған вегетативті және биіктігі 35-80 см болатын, генеративті өркендер береді. Қыркүйек айында гүлдейді. Жайылымда қойлар, түйелер және ешкілер жақсы жейді. ірі қара мүйізді мал мен жылқылар нашар жейді. Жаз, көктем айларында мүлдем желінбейді. Жапырағы мен жас бұтақтарын мал жақсы жейді, гүлшоғыры мүлдем желінбейді. Күздік жусанды сиыр жесе, оның сүті ащы болады. Өте құнарлы азық. Жартылай ылғалды топырақта өсетіндігіне қарамастан, өте көп тараған мал азықты өсімдік. Сортаңданған топыраққа және құрғақшылыққа төзімді. Өнімділігі өсетін жеріне байланысты құбылмалы болып келеді. Құрғақ аймақта биіктігі 50-70 см болса, шалғынды жерлерде 100 см ге дейін жетеді. Таза жатаған бидайық 25-30 ц/га өнімділік береді (2, ә-сурет).

Кірпі тасбұйырғыны (*Nanophyton erinaceum* (Pall.) Bge.) – бұташық, ұзындығы 5-15 см, жиі қысқа бұтақталған, ағаштекті, жуан сабақпен сипатталады. Тамыз-қыркүйекте гүлдейді. Өте жылдам өседі, жазда тармақтар 1-4 см өседі. Бұл таза жайылым өсімдігі. Жыл бойы қойлар қоректенеді, әсіресе күз бен қыста өте жақсы қоректенеді. Қой және түйелер үшін таптырмайтын азық, күзде шабындық пішенінен төмен емес, сапасы жақсы. Өсімдікте сапонин (0,1%), алкалоид (0,1-0,15%) кездеседі. Халық медицинасында түрлі ауруларға қарсы дәрі ретінде қолданылады. Дамудың барлақ фазасында жоғары азықтық құндылыққа ие. Өсімдікте органикалық қышқыл, алколоид (0,15-3,5%) болады.

Қара сексеуіл (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin.) – биіктігі 10 м дейінгі ағаш. Бұтақтары жіңішке, ашық-сұр түсті, біржылдық бұталары шөптесін, сәуір-маусым айларында гүлдеді. Жоғары колориялы отын, түйе, қойлар үшін азық.

Қырғыз жантағы (*Alhagi kirghisorum* Schrenk.) – биіктігі 55-100 см болатын, тегіс, жапырақтанған бұтақтары бар жартылай бұталы өсімдік. Маусым-шілде айларында гүлдеп, тамыз айында жеміс береді. Тамыр жүйесі мықты, 10 м және одан да тереңге тараған. Осыған байланысты құрғақшылық кезінде де грунттық суларды қолдануға мүмкіндік береді. Жапырақтың қалташаларында тікенектер орналасқан. Жоғарғы тікенектері – ұзын, ал төменгі тікенектері қысқа, әрі өте мықты болып келеді. Түйе, қой, ешкі малы жақсы жейді. Балды өсімдік.

Тарбақ торғайоты (*C.brachiata*) – биіктігі 10-30 см болатын, біржылдық шөптесінді өсімдік. Жапырағы тік, етженді, ұшы өткір болады. Жемісінің қанаты күлгін, сары. Шілде-қыркүйек айларында гүлдейді. Күздік-қыстық мал азығы. Бұл өсімдікте тұздың мөлшері көп болғандықтан, түйе малы ғана сүйсініп жейді. Күзде қойлар мен түйелер жақсы жейді. Түйелер үшін өте қоректік азық болып саналады. Ірі қара мал мен жылқылар нашар жейді. Мал азығы ретінде өте құнарлы.

Толық қияқөлең (*C.pachystylis*). Көп жылдық өсімдік, тамыры өркенденген. Сабағы тік, биіктігі 30-60 см, жапырақтары қатты. Мамыр-маусым айларында гүлдейді. Орташа деңгейдегі мал азықты өсімдік болып саналады. Өсуінің алғашқы фазасында түйеден басқа барлық өсімдіктер жақсы жейді. соңына қарай мүлдем желінбейді. Ірі қара мүйізді мал мен жылқылар қыстауда жақсы жейді. Түйелер, ешкі, қойлар қыстауда нашар жейді (2, б-сурет).

Мүйізтүс теріскен (*K.ceratoides)* − жартылай бұта, ұзындығы 30-100 см. Жапырағы қалың, кезектесіп орналасады. Шілде-қыркүйекте гүлдейді. Жайылым мен шабындықтың жақсы өсімдігі. Жайылымда қой мен түйелер жақсы қоректенеді, күзде олар үшін жақсы азық болып табылады. Жылқылар түйеге қарағанда нашар, ал ірі қара малдар мүлде қоректенбейді. Азықтық өсімдік вегетациялық кезеңнің ұзақтығы сәуір-мамыр айында басталып, күздің аяғында аяқталады. Сапонин, алкалоид және витамин С кездеседі.

*Мал азықтық және мал нашар жейтін өсімдіктер.*Балқаш қарағаны (*Caragana balchaschensis* (Kom.) Pojark.). Биіктігі 30-100 см болатын, аласа, жоғары жағы сұр-күлгін түсті, бұталы өсімдік. Жас өркендері бос орналасқан. Гүлдерінің түсі – ашық сары. Сәуір-мамыр айларында гүлдеп, маусым айында жеміс береді. Жапырақтарын, гүлдерін және жас өркендерін мал жақсы жейді. Малға азық ретінде сапасы өте төмен.

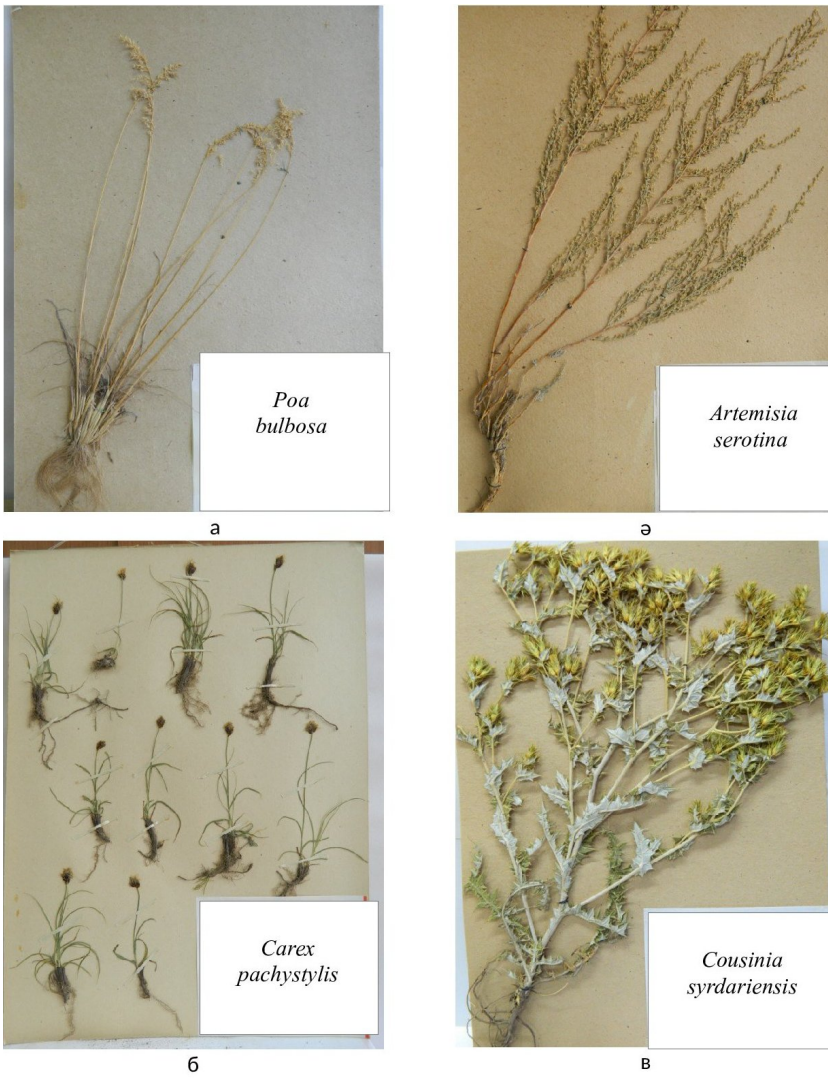
Көбікше қосмүшелік (*Diarthron vesiculosum* Fisch. et Mey., C.A. Mey.) – биіктігі 20-50 см болатын, жіңішке, тік сабақты, бұтақтанған бір-

жылдық өсімдік. Мамыр-тамыз айларында гүлдейді. Бұл түрдің өзін малдар жей бермейді, тек басқа малазықты өсімдіктер болмаған жағдайда ешкілер және түйелер аздап жейді. Кепкен кезде мүлдем желінбейді. Өсімдікте алкалоидтардың біраз мөлшері табылған. Жайылым арамшөбі.

Қызылжыңғыл (*Tamarix ramossisima* Ledeb.) – бөрікбасы жайылған, ескі діңдері мен бұтақтарының қабығы күңгірт-сұр түсті, биіктігі 1-3 м болатын аласа ағаш немесе бұталы өсімдік. Жапырақтары ұсақ, ланцетті, сабағын жартылай орап тұрады. Гүлдерінің түсі қызғылт, күлгін, қанық қызыл, ақ түсті, гүлдері қысқа немесе ұзын төбелік сыпыртқыларында тығыз шашақгүл түзеді. Мамыр-қыркүйек айларында гүлдейді. Жайылымда тек қыста ғана кіші қара малдар, ақбөкен, түйе малы жейді [5-6].

Парсы қарараушаны (Hulthemia persica (Michx.) Bornm) – көпжылдық бұта, биіктігі 10-60 см. Жапырағы қыртысты, жай, тісшелі, гүлдері жекелей орналасқан. Сабақтарының саны көп, тікенді. Мамыр-маусым айларында гүлдеп, шілде-тамыз айларында жемістенеді. Жайылымдағы бұл өсімдікте эфир майларының және өткір иісті болғандықтан малдар нашар жейді. Түйелер мен қойлар қыс және көктем мезгілінде жақсырақ жейді.

Сырдария көбенқұйрығы (*Cousinia syrdariensis* Kult.) – биіктігі 15-55 см болатын, отырмалы орналасқан көп бұтақты, көпжылдық өсімдік. Маусым-шілде айларында гүлдейді. Өсімдік гүл шоғырының жоғарғы жағы мен жапырақтарын түйе жақсы жейді. Басқа малдар жемейді (2, в-сурет).



2-сурет – Зерттелген аумақтағы малазықты және мал нашар жейтін өсімдіктер

Тарбиған гүлкекіре (*Centaurea squarrosa* Willd.) – биіктігі 35-70 см болатын, сабағы қырлы-бороздалы тік сабақты, екіжылдық шөптесінді өсімдік. Маусым-тамыз айларында гүлдейді. Жайылымда бұл өсімдікті тек түйелер ғана жақсы жеп, басқа мал түрлері нашар жейді.

Улы өсімдіктер. Кәдімгі ақмия (*Goebelia alopecuroides* L.). Бұтақтанған сабағының биіктігі 80-100 см, гүлдері ақшыл сары түсті. Мамыр- маусым айларында гүлдеп, шілде-тамыз айларында жеміс береді. Құрамында софоридин алкалоиды, софокарпин, алоперин бар.

Кәдімгі адыраспан (*Peganum harmala* L.). Биіктігі 20-60 см болатын, көпжылдық шөптесінді өсімдік. Бұл улы өсімдік жасыл түсті болғанда да желінбейді. Түйелер мен қойлар азық жеткіліксіз болған кезде, бұл өсімдікті құрғақ кезінде жейді. Адыраспан алкалоиды орталық жүйке жүйесін, жүрек және ішек жолдары жұмысын бұзатын улы қасиеті бар. Сақтық үшін, бұл өсімдік өсетін жерлерге мал жаймау керек .

София сарманасы (*Descurainia sophia* (L.) Schur.). Сабағы тік, сұр түсті. Биіктігі 15-80 см болатын біржылдық, шөптесінді өсімдік. Мамыр айында гүлдейді. Арам шөп.Эфемерлі өсімдік сияқты дамиды – мамыр айында жеміс беріп, құрғап кетеді. Жайылымда тек түйелер сүйсініп жейді, қалған малдар нашар жейді. Қыстауда барлық малдар жақсы жейді. Тұқымында 27-30% құрғақ май болады және организмді улайтын глюкозид, синигрин бар. Алғашқы фазасында протеин өте көп кездеседі, сондықтан аса жоғары құнарлы болады. Иісі нашар.

Дәрілік өсімдіктер. Итсигек бұйырғын *(Anabasis aphylla* L.) – жартылай бұташа. Тері аурулары мен биттеген кезде итсигек алкалоиды – анабазинды қолданады. Метил анабазині тыныс алуды қоздырады. Халық медицинасында бұл өсімдіктің тамырынан жасалған қайнатпаны туберкулезге қарсы қолданады. Жасыл бұтақтарының қайнатпасын қышыманы емдеу үшін пайдаланады.

Кәдімгі адыраспан (*P. harmala*). Адыраспан алкалоидтарынан Паркинсон ауруын емдейтін дәрі жасайды. Бұл өсімдіктің қайнатпасын халық медицинасында эпилепсия, ергежейлік, асқазан-ішек жолдары ауруларына, сифилиске, ревматизм, тері ауруларына қарсы қолданады.

Кәдімгі ақмия (*G.alopecuroides*) ашық жасыл түсті болып келетін, көпжылдық шөптесінді өсімдік, тамыр жүйесі өте мықты. Сабағы тік, биіктігі 30-60 см. Түкті жапырақтары жоғары қарай бағытталған бұтақтарында орналасқан. Жапырағы тең қауырсынды емес. Гүлдері сарғыштау реңті ақ түсті. Мамыр-маусым айларында гүлдеп, шілде-тамыз айларында жеміс береді. Өсімдіктің жер үсті мүшелерінде вегетативті жүйке ганглияларында орналасқан Н-холинореактивті құрылымдардың жұмысын тоқтататын пахикарпин алкалоиды бар. Практикада иісі жоқ, ақ кристалды ұнтақ пахикарпин гидройодитын қолданады. Оны жатын бұлшық етін қалыпқа келтіріп, туу процесі жақсы өту үшін пайдаланады.

Қызылмия (*Glycyrrhiza glabra Linn*). Биіктігі 110 см болатын, көпжылдық шөптесінді өсімдік. Қызылмия өсімдігінің құрамында алкалоидтар, кумариндер, илік заттар, флавоидтар мен эфир майлары бар. Жоғары тыныс алу мүшелерін емдеу үшін медицина мен халық медицинасында қабынуға қарсы қолданады. Он екі елі ішек және асқазан жарасына жақсы ем. Аллергиялық дерматит, экзема, бронхиальды астманы емдеуге қолданады [6].

Қырғыз жантағы (*A.kirghisorum*). Биіктігі 100 см-ге жететін көпжылдық өсімдік. Жартылай шөл мен шөлді жерлерде өсетін, ең басты балды өсімдіктердің бірі. Гүлдері өте көп мөлшерде шырын бөледі. Балының сапасы жақсы, бірақ күңгірт түсті. Жапырағында С витамині бар. Жерүсті мүшелерінің құрамында флавоноидтар кездеседі.

Территорияда тау етегі жазықтарында жүйесіз мал жаюдың әсерінен қалыптасқан модификациялық шабындықтар кең тараған. Белдемдік топырақтарда боз және тұран жусаны ландшафтылық өсімдіктер болып саналады, шамадан тыс жүктелген жер телімдерінде олар ебелекті-эфемерлі, боз жусанды-ебелекті-эфемерлі, жусанды-ебелекті-эфемерлі, арамшөпті-ебелекті-эфемерлі өсімдіктермен алмасады. Қауымдастықтардағы арамшөптер болып улы және мал жемейтін өсімдіктер саналады. Мысалы, кәдімгі ақмия (*G.alopecuroides*), жатаған укекіре (*Acroptilon repens* DC.), итсигек бұйырғын (*A.aphylla*), кәдімгі адыраспан (*P.harmala*).

Рельефтің жоғары элементтерінде модификациялық шабындықтар арасында селеулер (қаулы-ебелекті-эфемерлі) кездеседі. Қаулы жайылымдар кәдімгі сұр-құба топырақтарда қалыптасып, аздаған аумақты алып жатады.

Шабындықта Шовиц қауынан (*Stipa szowitsiana* Trin.) басқа қалталы ебелек (*C.utriculosus*) пен эфемерлер – жуашықты қоңырбас (*P.bulbosa*), толық қияқөлең (*C.pachystylis*) кездеседі.

Күйреуікті және теріскенді жайылымдар аздаған аумақты алып жатады, жусанды жайы-

лымдармен бірге кездесіп, кәдімгі сұр-құба және солтүстік ашық сұр топырақтарда қалыптасады.

Талас өзенінің ежелгі және қазіргі аңғарларының өсімдіктер жабыны мозаикалық құрылымды, әрі тау етегі жазығына қарағанда түрлерге бай.

Аңғардың төменгі жағындағы жартылай гидроморфты топырақтарда ең кең және барлық жерде тараған – жантақты жайылымдар. Жантақтар эфемерлермен (жуашықты қоңырбас (*P.bulbosa*), толық қияқөлең (*C. pachystylis*), торғайотымен (*C. brachiata*) қауымдастықтар түзеді.

Талас өзені аңғарының бойында модификациялық шабындықтарда жүйесіз мал жаю себебінен қалыптасқан жантақты-ебелекті-эфемерлі, есекмиялы-ебелекті-эфемерлі, арамшөпті-ебелекті-эфемерлі, арамшөпті-эфемерлі қауымдастықтардың таралғанын атап өткен жөн. Негізгі фонды мұнда қалталы ебелек, эфемерлер (жуашықты қоңырбас (*Poa bulbosa*), толық қияқөлең (*C. pachystylis*), шығыс мортығы (*E. orientale*)) және арамшөптер (кәдімгі ақмия (*A.aphylla*), кәдімгі адыраспан (*P.Harmala)*, жатаған бидайық (*E.repens),* кәдімгі түйетабан (*Zygophyllum fabago* L.), кермексабын (*Limonium otolepis* Kuntz.), каспий ақбасшөбі (*Karelinia caspia* Pall.) кездеседі.

Ескі жыртылған жерлерде жантақты-ебелекті-эфемерлі, арамшөпті-ебелекті-эфемерлі, күздік жусанды-торғайотты, торғайотты, жантақты-торғайотты қауымдастықтар кездеседі.

Жатаған бидайық басымдық ететін қоңырбастар жайылымдары мен шабындықтар Талас өзені аңғарларында аздаған массивтермен таралған. Пішен ору жүйелі түрде жүргізіледі.

Қамысты, қамысты-түйнек қамысты жайылымдар шалғынды ашық сұр сор топырақтарда, шалғынды сұр топырақтарда, батпақты тұзданған ашық сұр топырақтарда аз таралған. Бұрын қамысты жайылымдар пішен оратын жерлер есебінде пайдаланылған. Қазіргі кезде Талас өзені аңғарларында сыртқы орта жағдайларына – ылғалдылық режімінің ауытқуы мен өзен суының күрт азаюына байланысты өсімдік жабыны өзгеріске ұшырап жатыр. Соның әсерінен шабындық жерлер кей жерлерде жайылымдарға айналған.

Кейбір су жайылмасының төмендеген микрорельефі күзге дейін су астында жатып, қамысты батпақтарға айналады. Мұндай жер телімдері шөп оруға жарамсыз.

Ажырықты шалғындар шабындық биіктігінің қысқа болуына байланысты қазіргі кезде жайылымдар ретінде, кейде кешенді контурларда қоңырбастармен бірге орылады. Ажырықты жайылымдарға ажырықты және ажырықты-эфемерлі типтер жатады. Ажырық (*Aeluropus*) – тұздылыққа төзімді қоңырбас, малдың барлық түрі үшін жақсы малазықтық өсімдік болып табылады [7].

Талас өзені аңғарларында ландшафтылық өсімдік түрлері, бидайық, қамыс пен ажырықтан басқа азтолқынды жазықтың төменгі бөліктері гидроморфты және жартылай гидроморфты топырақтары мен сортаңдарда сораңдардың көптеген түрлері кездеседі. Сораңды жайылымдардың флористикалық құрамында торғайоты, бүйіргін мен тасбүйіргін кіреді. Сортаңды жайылымдардың аспектісі біртекті: сұр фонда сортаңдардың жасыл бұталары әр жерде шоғырланған. Теріскен доминант болатын жайылымдар құмдар мен оған жататын құмға дейінгі аумақта басқа қауымдастықтармен бірге (боз жусанды, қаулы, жүзгінді, таспашөптер)кездеседі. Құмдарда бір ғана – теріскенді-боз жусанды-эфемерлі тип таралған.

Құмдарда қау, жантақ, жусан, бұталы өсімдіктер таралған. Құмды массивтердің ландшафтылық қауымдастықтары жүзгінді-боз жусанды-эфемерлі, таспашөпті-теріскенді-эфемерлі типтермен сипатталатын бұталар болып табылады. Жантақпен бірге эфемерлер (үрме қияқөлең (*Carex rostrata* Stokes), жуашықты қоңырбас (*P. bulbosa*), арпаған арпабас (*Bromus tectorum* L.) мен құмебелек (*C.arenarius*) кездеседі.

Жайылымдардың қарқынды және жүйесіз ұйымдастырылуы нәтижесінде тапталған жайылымдардың (эфемерлермен, біржылдықтармен, сортаңдар және арамшөптермен) аумағының кеңеюі байқалады. Көпжылдық өсімдік түрлерінің өнімділігі төмен, маусымдық және жылдық өнімділігі күрт өзгеріп отыратын өсімдіктермен ауысуы қауіпті деградацияға ұшыратады [8].

Көктемгі су тасуы кезінде Талас өзені сағасына жақын территорияларды су басып, нәтижесінде қамысты батпақтар пайда болады.

Сонымен қатар ажырықты шабындықтардың бидайықты шабындықтармен алмасуы топырақтың тұзданғанын көрсетеді. Округтің барлық территориясында дамуы табиғи-климаттық жағдайларға байланысты жантақты қауымдастықтардың көбеюі байқалады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесі бойынша Талас ауданындағы Кеңес және Шакиров ауылдық округтерінің

өсімдіктер жабынында 22 тұқымдас, 65 туысқа жататын 97 өсімдік түрі анықталды. Оның 19 түрі Кеңес ауылдық округіне тән болса, 13 түрі тек Шакиров ауылдық округінде таралған.

Ауылдық округтердің флоралық құрамындағы ерекшеліктерін атап өтер болсақ, Кеңес ауылдық округінде – 21 тұқымдас кездеседі, оның ішінде Ерінгүлділер (*Labiatae* Juss.) және Шырмауықтар *(Convolvuláceae* Juss.)тұқымдастары тек осы округ флорасына тән. Ал Шакиров ауылдық округінде 20 тұқымдас бар. Оның ішінде Жауқияқтар тұқымдасы *(Boraginaceae* Juss) тек Шакиров ауылдық округі флорасында кездеседі.

Мал басын азайту және мал жаюды шектеу аталған аудандағы бағалы жайылымдық өсімдіктердің дамуына оңтайлы жағдайлар жасауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

1 Асанов Қ.Ә. (2001) Жайылым және экология: оқулық. – Алматы: Ғылым. ISBN 562-802-626-3.

2 Тореханов А.А. (2006) Природные и сеяные пастбища Казахстана. Алматы, Ғылым. ISBN 9965-751-60-9.

3 Инструкция по проведению крупномасштабных (1:1000-1:100000) геоботанических изысканий природных кормовых угодий Республики Казахстан. – Алматы, 1995. С. 230.

4 Сельское хозяйство Жамбылской области в 1991–2006 гг.: справочник. – Тараз, 2006.

5 Иллюстрированный определитель растений Казахстана (1969) Под ред. В.П. Голоскокова. Т.1, 2. – Алма-Ата: Наука, С. 644.

6 Арыстангалиев С.А., Рамазанов Е.Р. (1977) Растения Казахстана. Народные и научные названия. – Алматы: Наука, С. 228.

7 Иванов А.И., Ляшенко И.И., Оспанов Б.С., Подольский Л.И. (1996) Кормовые растения сенокосов и пастбищ Казахстана. – Алматы: Кайнар.

8 Төреханов А.Ә. (2000) Қазақстанның оңтүстік шығыс табиғи жайылымды тиімді пайдаланудың ғылыми негіздері. – Алматы: Ғалым. С. 122.

References

1 Asanov KA (2001) Pastureand ecology [Zhaiylym zhane ecologiya]. Science, Almaty. (In Kazakh)

2 Torekhanov AA (2006) Natural and seeded pastures of Kazakhstan [Prirodnye i ceyanye pastbishha Kazahstana].Gylym, Almaty.(In Russian)

3 Instructions for conducting large-scale (1: 1000-1: 100000) geobotanical survey of natural forage lands of the Republic of Kazakhstan [Instuksiya po provedeniyu krupnomasshtabnyh (1:1000-1:100000) geobotanicheskih izyskaniy prirodnyh kormovyh ugodiyRespubliki Kazahstan]. Almaty, 1995, 230. (In Russian)

4 Agriculture of Zhambyl region in 1991-2006.: Handbook [Sel'skoe hozyaystvo Zhambylskoy oblasti v. 1991–2006 gg: spravochnik]. Taraz, 2006. (In Russian)

5 Illustrated Manual of the plants of Kazakhstan [Illyustrirovanniy opredelitel rasteniy Kazahstana] (1969) Ed. V.P. Goloskokov. T.1, 2. Science, Alma-Ata. (In Russian)

6 Arystangaliev SA, Ramazanov ER (1977) Plants of Kazakhstan. Traditional and scientific names [Rasteniya Kazahstana. Narodnye i nauchnye nazvaniya]. Science, Almaty. (In Russian)

7 Ivanov AI, Lyashenko II, Ospanov BS, Podolskiy LI (1996) Forage plants hayfields and pastures of Kazakhstan [Kormovye rasteniya senokosov i pastbish Kazahstana]. Almaty. (In Russian)

8 Torekhanov AA (2000) Scientific bases of natural forage lands southeast of Kazakhstan (Kazakstannyn ontustikshygystabigizhaiylymdytyimdi paydalanudyn gylyminegizderi). Almaty, Scientist. (In Kazakh)

[1]Қуатбаев А.Т.,
[2]Мамыкова Р.У.,
[2]Ибрагимов Т.С.,
[2]Шойбекова П.Р.,
[3]Ибрагимова З.Е.,
[1]Назарбекова С.Т.

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
[2]Қазақстан инженерлі-педагогикалық Халықтар Достығы университеті, Қазақстан, Шымкент
[3]Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік фармацевтика академиясы, Қазақстан, Шымкент

Valeriana officinalis L. өсімдігінің морфогенезі және өсіру ерекшеліктері

Мақалада дәрілік шүйіншөптің (V. officinalis) зертханалық және екпе жағдайында өсіп-дамуына, морфогенезіне сипаттама берілген. Онтогенез барысындағы ботаникалық даму ерекшеліктері, тіршілік кезеңдері мәліметтер түрінде көрсетілген. Онтогенездік кезеңдері және дәрілік шүйіншөптің (V. officinalis) Оңтүстік Қазақстанда өсіру ерекшеліктері мен ұсыныстар беріліп, өсімдіктің жақсы өсіп-дамуы үшін қандай топырақта және қандай алдыңғы дақылдан кейін егу керектігі анықталған. Оңтүстік Қазақстан өңірінде дәрілік шүйгіншөптің қолайлы көбейту жолы – көшетінен көбейту, дайындау үшін жаңадан жиналған тұқымды тамыз айының алғашқы онкүндігінде себеді, 1 шаршы метр алаңға 10-12 см қатар аралықтары 1,5-2,0 г тұқым қажет, бетін 1-1,5 см қалыңдықта көңмен жабады. Мол өнім алу үшін көшетті күзде (қазан айының екінші жартысында) немесе ерте көктемде 70 х 20 см не 70 х 25 см қоректену алаңына отырғызған өте тиімді. Күтіп-баптау жұмыстары топырақ ылғалдылығын бір қалыпты сақтауды (өсіп-жетілу кезінде 6-8 рет суару қажет), танаптың арамшөптерден таза, топырақтың физикалық құрамының өсімдік үшін қолайлы болуын (2 рет қопсыту) және үстеп қоректендіруді қамтамасыз ету керек. Қажетті жағдайлар жасалған кезде дәрілік шүйіншөп мәдени жағдайда жақсы өсіп, жеміс беріп, өміршең тұқымдар береді.

Түйін сөздер: Қазақстан флорасы, морфогенез, онтогенез, дәрілік өсімдік, өнімділік

---

[1]Kuatbayev A.T.,
[2]Mamykova R.U.,
[2]Ibragimov T.S.,
[2]Schoibekova P.R.,
[3]Ibragimova S.E.,
[1]Nazarbekova S.T.

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
[2]Kazakhstan Engineering and Pedagogical University of Friendship of Peoples, Kazakhstan, Shymkent
[3]South Kazakhstan State Pharmaceutical Academy, Kazakhstan, Shymkent

The Morphogenesis and Growing Properties of *Valeriana officinalis* L.

The article describes the morphogenesis, growth and development of Valeriana officinalis in experimental conditions and in culture. Provides information about the features of ontogeny, different life stages, the recommendations for cultivation in the conditions of South Kazakhstan. The optimal for proper growth and development of plants type of soil, crops, and discussed the agronomic event. The most appropriate method of reproduction – preparation of seedlings, which in the first decade of August seeds are sown, (delancy plot with an area of 1 m2 , spacing 10-12 cm, requires 1.5-2.0 g seeds), the top is covered with manure in the thickness of 1-1,5 cm more efficient seedlings to plant on a nutrient medium (70 x 20 cm or 70 x 25 cm) autumn (second half of October) or early spring. Building maintenance involves maintaining constant soil moisture (6-8 one-time irrigation). For proper growth of plants requires that a site was without a weed; razryhlenija not less than 2 times and received additional fertilizer. Valeriana officinalis is actively growing and fruiting, giving viable seeds; responsive to conditions of culture and gives self-seeding.

Key words: flora of Kazakhstan, morphogenesis, ontogenesis, productivity, a medicinal plant.

---

[1]Куатбаев А.Т.,
[2]Мамыкова Р.У.,
[2]Ибрагимов Т.С.,
[2]Шойбекова П.Р.,
[3]Ибрагимова З.Е.,
[1]Назарбекова С.Т.

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы
[2]Казахстанский инженерно-педагогический университет Дружбы Народов, Казахстан, Шымкент
[3]Южно-Казахстанская государственная фармацевтическая академия, Казахстан, Шымкент

Морфогенез и особенности выращивания *Valeriana officinalis* L.

В статье даны описания морфогенеза, роста и развития валерианы лекарственной в условиях эксперимента и в культуре. Приведены сведения об особенностях онтогенеза исследуемого вида, различные жизненные стадии. В соответствии с онтогенетическим особенностями даны рекомендации по выращиванию в условиях Южного Казахстана. Выявлены оптимальные для полноценного роста и развития растения тип почвы, культуры севооборота, обсуждены агротехнические мероприятия. Наиболее приемлемый способ размножения – подготовка рассады, для чего в первой декаде августа высеваются семяна, (на деляночный участок площадью 1 м^2 , междурядья 10-12 см, требуется 1,5-2,0 г семян), сверху покрывают навозом толщиной 1-1,5 см. Эффективнее рассаду сажать на питательную среду (70 х 20 см или 70 х 25 см) осенью (вторая половина октября) или рано весной. Уход за объектом предполагает поддержание постоянной влажности почвы (6-8 разовый полив). Для полноценного роста растений необходимо, чтобы участок был без сорняков; разрыхлялся не мене 2 раз и получал дополнительную подкормку. Валериана лекарственная активно растет и плодоносит, давая жизнеспособные семена; отзывчива на условия культуры и дает самосев.

Ключевые слова: флора Казахстана, морфогенез, онтогенез, урожайность, лекарственное растение.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 581.4:633.88

[1*]Қуатбаев А.Т., [2]Мамыкова Р.У., [2]Ибрагимов Т.С., [2]Шойбекова П.Р., [3]Ибрагимова З.Е., [1]Назарбекова С.Т.

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
[2]Қазақстан инженерлі-педагогикалық Халықтар Достығы университеті, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ.
[3]Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік фармацевтика академиясы, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ.
[*]E-mail: Aschat.Kuatbaev@kaznu.kz

VALERIANA OFFICINALIS L. ӨСІМДІГІНІҢ МОРФОГЕНЕЗІ ЖӘНЕ ӨСІРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Кіріспе

Қазіргі кезде емдік препараттар ретінде өсімдіктерден жеке биологиялық белсенді заттарды бөліп алу мен пайдалану сонымен бірге жаңа дәрілік заттарды талдау жаңа емдік препараттарды жасаудағы ғылыми жұмыстың басты бағыттары болып есептеледі.

Өсімдіктерде түзілетін және емдік препараттар ретінде қолданылатын бұл заттардың ерекшіліктері өсімдіктерден алынатын дәрілік препараттардың екінші артықшылығы болып табылады. Жануарлардың эволюциясы өсімдіктердің эволюциясымен тығыз байланысты. Жануарлар өсімдіктер сияқты өз денелерін бейорганикалық заттардан түзе алмағандықтан, органикалық заттармен қоректенеді. Сәй-кесінше, жануарлар миллиондаған жылдар бойы өсімдіктермен қоректенуге және олардан өз денелерін түзуге бейімделді, Өсімдіктер мен жануарлардың арасындағы дәл осы тікелей қоректік байланыс өсімдіктердің химиялық құрамы және жануарлар мен адамдардың барлық мүшелерінің қалыпты жұмысы арасындағы тығыз байланыстың себебі болып табылады,

Қазақстанның флорасы көптеген пайдалы өсімдіктерге бай, оның ішінде дәрілік өсімдіктердің алатын орны ерекше. Дәрілік препараттардың 40 пайызынан астамы дәрілік өсімдіктерден жасалған. Шөптерден жасалынған препараттардың химиялық құрамы адамға улы әсерінің аздығымен және көп мөлшерде пайдалануға болатын қасиетімен ерекшеленеді.

Дәрілік өсімдіктердің шипалы қасиеттері ерте заманнан белгілі. Дәрілік шөптер әлемі әлі де болса толық зерттелген жоқ. Мысалы Оңтүстік Қазақстанның әр түрлі дәрілік шөптерге бай өсімдік әлемінде 3000-дай түрлі шөптер өседі, солардың ішінде көп мөлшерде дәрілік өсімдіктер бар. Қазақстанда бірқатар эндемикалық өсімдіктер бар. Бұларға дала жусаны, сүйекті аққурай, және т.б жатады. Басқада дәрілік шөптер: мысалы итошаған, мыңжапырақ, түйме шетен, ермен, дәрмене, қалақай, өгейшөп, левзея, бақ-бақ, шай шөп, рауғаш, қызылтаспа, жанаргүл, жұмыршақ, долана, есек мия, ақ мия, дәрілік жоңышқа, киікот, тасшөп жатады.

Медицина саласының жетістіктері көбінесе дәрілік өсімдіктерге байланысты.Дәрілік өсімдіктер бұрынғы кездері де адамға өте пайдалы болған және солай болып қалады. Кейінгі кездерде дәрілік өсімдіктерге деген талаптар біршама өсті. Дәрілік өсімдіктер адам ағзасына зиянын тигізбейді,оларды үй жағдайында да адам өзі дайындап қабылдай беруіне болады. Дәрілік өсімдіктерге деген сұраныс Орта Азияда 1970-1980 жылдарда 250 пайызға өсті, оларды дайындау мүмкіншілігі -75 пайыз, соған қарағанда дәрілік шөптердің жиналуы әлі де болса қалыпты мөлшерде емес [1].

Қазіргі кезде ғалымдар дәрілік шөпке барынша ден қойып ,әр шөптің ағзаға қаншалықты пайдалы екенін кеңінен дәлелдеуде. Бұл жөнінде айтарлықтай табысқа жетуде.Осындай пайдалы өсімдіктерді тексере келе дәрілік өсімдіктерді мәдени түрде көбейтуге көңіл аударылуда.

Бұл жерде және басқа жақтан әкелінетін жылылық сүйетін дәрілік өсімдіктерді біздің ТМД елдері жағдайына бейімдеп өсіріп, жетілдіруге жағдай туғызылуда.

Адам денсаулығын қорғау,ауруларға медициналық көмек көрсету денсаулықты қорғаудың басты мәселесі болып табылады. Жыл сайын қолданылатын дәрілік өсімдіктер саны өсуде. Олардың ішінде қазіргі уақытта онкологиялық емдеуге, қан тамыры ауруларына,туберкулез,қант диабетіне қолданылатын дәрілік өсімдіктерге көп көңіл аударылуда.

Қазақстан аумағының көп жерлеріндегі дәрілік өсімдіктер әлі де толық зерттелмеген. Олар әсіресе шөл және шөлейт жерлерде көп кездеседі. Ол жерлерде басқа аймақта кездеспейтін дәрілік өсімдіктер бар екені белгілі [2]. Ә.Іскендіровтың айтуы бойынша соңғы жылдары көптеген дәрілік өсімдіктер ысырапсыз пайдалануды, жерді аяусыз жыртудың, мал жайып таптатудың салдарынан мүлдем азайып бара жатыр [3]. Осыған байланысты біз тек қана дәрілік өсімдіктерді пайдаланып қоюды ғана емес, оларды қорғау іс-шараларын қолға алуымыз керек. Медицинада, мал дәрігерлігінде, өсімдік және қоршаған ортаны қорғауда, тамақ өнеркәсібі мен жеңіл өнеркәсіпте, парфюмерияда Қазақстанда өсетін 200-ден астам дәрілік өсімдіктерді қолдануға болады.

Сонымен, Қазақстан флорасы дәрілік өсімдіктергі өте бай, оның ішінде маңызды болып саналатын шөптер аз емес. Олардан жасалатын дәрі-дәрмектердің тиімділікке айналғаны барлығымызға белгілі. Соңғы кезде фитотерапия өркендеп дамып келуде.

Дәрілік өсімдіктерден әртүрлі ауруларға қолданылатын дәрілік шикізаттын негізгі көзі болып есептеледі. Олардан 40% жуық дәрілік заттар және препараттар алынады.

Дәрілік өсімдіктердің табиғи қорын сақтау, жергілікті және жерсіндірілген өсімдіктер түрлерін көбейту, басқа жақтан алып келінген жаңа дәрілік өсімдіктердің фармакологиялық қасиеттерін зерттеп, олардың ішіндегі ең тиімділерін медицинаға, мал дәрігерлігіне, тамақ өнеркәсібіне енгізу өзекті мәселе болып отыр.

Қазіргі кезде барлық аурулардың ішіндегі ең қауіптісі жүрек-қан тамыр және жүйке аурулары. Міне осы ауруларды емдеуге себепші болатын дәрілік өсімдіктердің ішінде ерекше орын алатын – Дәрілік шүйіншөп.

Дәрілік шүйіншөп (*V. officinalis*) – 200 астам әр түрлі географиялық аймақтарда тараған түрлер жиынтығын құрайды.

V. officinalis тіршілік ортасы мен кейбр морфологиялық белгілері боынша айырмашылықтары бар бірнеше түр тармағынан тұрады. Бұл өсімдік орта жағдайына тез бейімделетіндіктен әртүрлі топырақтарда және температуралық жағдайларда өсе береді. Ылғал сүйгіш өсімдік ретінде топырақ ылғалдылығы жоғары жерлердежақсы өседі. Негізінен механикалық құрамы жеңіл қара топырақтар мен құрылымы жеңіл саздақты және құмшауытты жерлерде жақсы өсіп, құрғатылған және мәденилендірілген шымтезекті жерлерде жақсы өнім береді.

К. Линейдің жіктеуі бойынша дәрілік шүйіншөптің 42 түрі ТМД мемлекеттері аумағында, оның ішінде 7 – Еуропа, 1 – Кавказ, 34 – Азия бөлігінде кездеседі [4]. М.К. Кукеновтың, В.Ю. Аверинаның және тағы басқалардың мәлімдеуінше Қазақстанда (Жоңғар Алатауы, Іле Алатауы, Күнгей Алатауы, Терiскей Алатауы, Қырғыз Алатауы, Шу-Іле таулары, Қаратау) шүйіншөптің 9 түрі бар [5].

Дәрілік өсімдік ретінде шүйіншөп ерте кезден-ақ белгілі болған. Алғаш ол туралы біздің дәуіріміздің 1-ші ғасырында өмір сүрген грек дәрігері Диоскарид өзінің фармакологиялық кітабында Phu деген атпен жазды. Ол дәрілік шүйіншөпті адам ойын басқара алатын зат деп атады. Сол замандарда өмір сүрген белгілі рим натуралисті Плиний Валериана өзінің «Табиғи тарихтар» кітабында шүйіншөпті *Navdus* деп атап, оның ойды қоздыратынын жазды [6].

Еуропа елдерінің басым көпшілігі 11 ғасырдан бастап дәрілік шүйіншөптің *Valeriana* аты пайда болғаннан соң, ал Ресей тек 15 ғасырдан бастап пайдалана бастады [7].

18 ғасырдан бастап дәрілік шүйіншөп Еуропадағы негізгі дәрілік заттардың бірі болды, ал қазіргі кезде ол барлық елдердің фармакопеясында кездеседі. *Valeriana* туыстық атауы алғаш рет 10 ғасырда «Тамақтану туралы» жазылған араб еңбектерінің аудармасынан кездеседі [8].

Дәрілік шүйіншөптен жасалынған дәрідәрмектердің фармакологиялық қасиеттері алуан түрлі. Ол орталық жүйке жүйесінің тыныштандырғыш, транквилизациялаушы әсер көрсетеді, жүрек-қан тамыр жүйесінің қызметін реттейді, спазмолитикалық және өт айдайтын қызметке ие, асқазан-ішек жолының бездерінің секрециясын күшейтеді. Тәжірибе жүзінде дәрілік шүйгіншөптің жүйке жүйесінің орталық бөлімінің рефлекторлық қозғыштығын төмендететіні, сондай-ақ әртүрлі ұйықтатушы қосылыстар арқылы шақырылатын ұйқыны ұзататыны және жоғары аналептиктермен қатысты тырысуға қарсы айрықша әсер ететіні дәлелденген.

Дәрілік шүйіншөп (*V. officinalis*) – дәрілік өсімдік ретінде және сонымен қатар тамақ өнеркәсібінде де кең қолданылады. Дәрілік шүйіншөп (халық атауы – мысықтамыр) балды өсімдік ретінде де белгілі. Аралар гүлінен шірне жинайды. Кейбір мәліметтер бойынша гектарынан 200-300 кг бал жинауға болады [9].

Дәрілік шүйіншөптің дәрі-дәрмектері жүрек бұлшық еттерінің қызметіне оң нейрореттеуші әсер көрсетіп тікелей жүректің өткізгіш жүйесімен негізгі автоматтандырылу механизміне ықпал етеді.

М.А. Баймухамбетовтің мәлімдеуінше шүйіншөптің жекелеген емдік түрлері тамыр кеңейткіш және қысымды төмендеткіш қасиетке ие [10].

Зерттеу нысандары мен әдістері

Дәрілік шүйіншөп – биіктігі 1,5 метрге дейін жететін, көп жылдық шөптесін өсімдік. Тамыры қысқа, іші қуыс, тік өседі, қосымша көптеген ұсақ тамырлары да бар. Жапырақтары қарама-қарсы орналасқан, формасы мен тарамдалуы әртүрлі. Төменгі жапырақтары сағақты, жоғарғылары – отырмалы орналасқан. Гүлдері майда, хош иісті, ақ түстен күңгірт-қызыл түске дейін, жіпше немесе сыпыртқы тәрізді гүлшоғырына жинақталған. Тамыр жүйесі топырақтың жоғарғы қабатындағы ылғал мен қоректі заттарды барынша тиімді пайдалануға бейімделген. Осыған байланысты олар сәуір-мамыр айларында алшындап өсуі, жазға қарай өсіп-дамуының нашарлауы, күзге өсіп-дамуының дұрысталуы, топырақтағы ылғал өзгерісімен анықталады Сабағы тік, сырты сайлы, мұның да іші қуыс. Тамырынан тікелей өсіп шығатын жапырақтарының сабақтары ұзын, сабақтың төменгі жағындағы жапырақтарының сағақтары қысқалау, жоғарғы жағындағысы отырмалы болады. Жапырақтары құстың қауырсыны тәрізді, қарама-қарсы орналасқан, шеттері ара тісті. Гүлдері майда, ашық ақ түсті, хош иісті, өсімдіктің ең жоғарғы жағында шоғырланып тұрады. Гүл күлтесі бес гүл жапырақшаларынан, ал гүл тостағаншасы бес имек қалақшалардан тұрады. Тұқымы-бір шетінде шашағы бар, кішкене ғана сопақша жеміс. Мамыр-тамыз айларында гүлдейді. Жемісі маусым-қыркүйек айларында піседі. Гүлінің формуласы: $\uparrow Ca_{0-\infty}\ Co_{(5)}\ A_3\ G_{(3)}-$ (1-сурет).

Экологиялық факторларға мән бере отырып, дәрілік шүйіншөп өсімдігі оңтүстіктің ыстық және құрғақ жазына, суық, ызғарлы қысына төзімділігін және өсіп, өну, гүлдеу, пісіп-жетілу фазаларына кеңінен мән берілді.

Морфологиялық өсу, өну, өсімдіктің бойы, диаметрі, тамыр сабақтар саны, жапырақтар саны, оның формасы, өлшемі, гүл шоғырындағы гүл себетінің саны, буын аралығы, оның ұзындығының формасы, реңі, гүлінің мөлшері, тұқымы, тұқым қауашағы, гүлдерінің мөлшері, гүлдеу ұзақтығы, ашылуы И.Г. Серебряковтың [11], А.А. Федоровтың [12] әдістемесімен жүргізілді.

Тұқымның өніп-шығуына көптеген факторлар әсер етеді – ылғалдылық, температура, сақталу мерзімі, сақталу орны [13].

Алдымен екпе жасалатын жердегі алдыңғы дақыл жиналған соң жерді тырмалап, топырақты 25-27 см-ге дейін аударады. Тұқымдарын қыстың соңында, ерте көктемде және жазда қатар аралығын 45-70 см етіп себеді. Тұқым себу нормасы қыстың соңында – 9-10 кг/га, көктемгі және жазгы егі нормасы – 7-8 кг. Екпелерді күту үшін арамшөптерді тазартып, топырақты босатып, зиянкестер үшін қосымша азық беруге болады. Тамырларынан жоғары өнім алу үшін екіжылдық екпелердің гүлсидамдарын алып тастайды.

Дәрілік шүйіншөптің тамырын әдетте еккен соң екінші жылы қыркүйек-қазан айларында жинайды. Қазып алынған тамырларын топырақтан, жапырақтардан тазартып сумен жақсылап жуады. Сосын бастырма астында іліп немесе арнайы кептіргіш жабдықтарда 40 °С-қа дейінгі температурада кептіреді. Кекен тамырларын буып-жинап құрғақ, жақсы жел

тиетін жерде сақтайды. Өнімділігі гектарына 2,5 т құрайды.

Тұқымдарын жинау үшін Дәрілік шүйіншөпті еккен соң үшінші жылы жинайды. Тұқымдарының өнімділігі гектарына 0,2 т-ға жетеді [14].

Зерттеу мақсаты бойынша жұмыстар дәрілік шүйіншөпті зертханалық және екпе жағдайында өсіріп, оның онтогенездік дамуын, өсу ерекшеліктерін, егістік үшін егілетін алдыңғы дақыл түрін, өнімділігін анықтау мақсатында жүргізілді.

1-сурет – Дәрілік шүйіншөптің екпе жағдайындағы гүлдеу кезеңі

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Өсімдік тұқымның өніп-шығуына көптеген факторлар әсер етеді – ылғалдылық, температура, сақталу мерзімі, сақталу орны.

Зертханалық жағдайда бөлменің температурасы 19-21^{0}С болғанда Петри табақшасына 50 дана дәннен 4 мәрте қайталау әдісімен, табақша түбіне сорғыш қағазын төсеп, оны дистилденген сумен ылғалдап өнуге қойылды. Нәтижесінде үшінші тәулікте өне бастады. Өнімділігін анықтау үшін күнделікті бір мезгілде назар аударып, қарап, өнген дәнді санап отырылды. Соңынан дәрілік шүйіншөптің зертханалық өнімділігі 40-70% есеппен анықталды. Ең жоғары өну көрсеткіші 6 тәулікке дейін, одан кейін дәннің өну сапасы күрт төмендегені анықталды.

Латентті кезең (Se). Тұқымы майда, тұқымшасы ұзын жұмыртқа тәрізді айдаршасы кейде көлденеңінен жұмыртқа тәрізді, бір жақты ісінген тостағаншасының түрі тәж тәрізді 8-12 қанатты түктенген айдарлы, сәулелі. Жетілген тұқымдары айдаршасының сәулесі ішке қарай бүгілген толық піскен тұқымдарының дөңес бетінде үш көлденең жүйкелер бауыр жағында бір қырлы, екі жақтауында жіңішке жиекті.

Виргинильді кезең (V). Тұқым ұрығынан өсіп шыққан вегетативтік мүшелердің бастамасы бар өсімдік – өскін. Күзгі себілген тұқымнан наурыздың ортасында алғашқы өскіндер қолайлы жағдай туғызғанда жер бетіне шыға бастайды. Қауызынан жарылған тұқым жарнағының формасы (түрі) жұмыртқа тәріздес, бүтін жиекті, ұзынша қынапты, ұзындығы 3,0 мм, ені 1,5 мм болып келеді. Бұл өскіннің ұзақтығы 13-18 күнге созылады. Бұл кезеңде өскін сыртқы ортаның әсеріне сәл төзімсіздеу келеді.

Ювенильді кезең (J). Бұл алғашқы формасы дөңгелек келген жапырақтың пайда болуынан басталады. Жапырақ ұзындығы бұл кезеңде 1,8-2,0 см, ал ені 0,9-1,0 см болып келеді.

Бұл кезеңде дәрілік шүйіншөптің 2-3 жапырақты болып тамырының саны 2-4 қосалқы тамыршалардан тұрады. Мамыр айының аяғында өсімдіктің ұзындығы 4,5-4,7 см, тамыр ұзындығы 5,0-5,1 см, жапырақтың ұзындығы 4,0-4,2 см, ені 2,0-2,1 см-ге дейін жетеді. Ювенильді кезеңдегі өсімдіктің маусымның ортасында өркенінің ұзындығы 15,0 см, формасы екі құлақты.

Онтогенез барысында өсімдіктің пішіні мен өсуі өзгеріп отырады. Бұл процесс бірінен соң бірі келіп отыратын, бір-бірінен жақсы ажыратылып көзге байқалатын кезеңдерден тұрады.

Ювенильдік кезеңнің ұзақтығы 25-30 күн. Бұл кезеңде жапырақтарының көлемінің ұлғаюы және тамыр жүйесінің өсуінен айқындалады. Вегетацияның 1-ші жылының соңында өсімдік имматурлы (im) жағдайға келеді. Бұл кезеңде 6-7 жапырақ және 10-12 қосалқы тамырлар пайда болады. Өсімдік ұзындығы 45,0-50,0 см-ге жетеді. 13-18 см-ге дейін тереңдейтін 200-ге дейін саны жететін қосалқы тамырлар пайда болады (2-сурет).

Екі құлақ жапырақтары күздің соңына дейін өсіп одан кейін өледі. Наурыздың соңында жаңадан екі құлақ жапырақтар шыға бастайды. Өркендері қысқа метамерлі, гүлдеген кезінде жапырақтарының көбісі қурай бастайды.

Генеративті кезең (q). Екі құлақ өскіннен 1 үлкен генеративті өсімдік пайда болады. Өсімдік гүлдеу кезеңінде қарқынды тез өсуі байқалады. Өсімдіктің өскіннен гүлдегенге дейін 48-52 күн. Генеративті өркендерінің ұзындығы 80,0-130,0 см, 8-бөлшекті. Буын аралықтарындағы базальды өркендерінің метамерлерінің ұзындығы, орта және ұшындағы ярустарында 2,5-нан 17,2 см-ге дейін жетеді. Сабақтануы баритонды, өркендер-

дің өсуі симподиальды. Сабақтағы жапырақтар супротивті қауырсын күрделі жапырақ. Бұл ярустағы жапырақтың ұзындығы 3,23-тен 21,0 см, гетерофильді өсімдік. 20-25 мамырда гүлдейді, 2 аптадан соң маусымның басында ірі жетілген тұқымдар пайда болады. Генеративті өркендері 15-30 тамыз аралығында түгелімен қурап, өледі. Тамыздың басында өсімдіктің 77% қурады. Қайтадан жаңаратын бүршіктері жердің астында болады. Екі құлақ өскіндер кейде ескі сабақ қурағанға дейін шыға бастайды. Жер астындағы бөліктері сақталмайды, ескі сабақпен бірге өледі (2-сурет).

Дәрілік шүйіншөп үшін ең жақсы алғы дақыл – астық немесе сүрлемдік дақылдар. Топырақтағы тамыр өнімінің сапасын төмендететіндіктен дәнді-бұршақты дақылдардан кейінгі екінші жылы ғана орналастыру керек. Оны өсіру үшін топырақтың механикалық жағынан жеңіл болғаны қолайлы.

2-сурет – *V. officinalis* өсімдігінің онтогенез кезеңдері және тамыры

Топырақты өңдеу жұмысы жерді күзде 28-32 см тереңдікте аудара жырту және егіс алдындағы өңдеуден тұрады.

Дәрілік шүйіншөп егісіне тыңайтқыш енгізу оның тамыр өнімін және сапасын едәуір көтереді. Органикалық тыңайтқыш негізгі өңдеу алдында 20-30 т/га мөлшерде беріледі. Минералды тыңайтқыштың 25-30% негізгі өңдеумен, 5-10% себумен бірге және 60-70% үстеп қоректендірумен бірге берілуі қажет.

Негізгі өңдеу (аудара жырту 28-32 см) жұмыстары себуден 25-30 күн бұрын жүргізілуі керек. Тұқым топырақтың қатты беткі қабатына түсу үшін алдыңғы өңдеуде міндетті түрде топырақты тығыздау жұмысы жүргізіледі.

Алғы дақыл тыңайтылмаған болса, негізі өңдеу алдында 20-30 т/га органикалық тыңайтқыш енгізіледі.

Дәрілік шүйіншөп жоғары экологиялық, пластикалық қасиеті бар. Дәрілік шүйіншөптің тамыры көлденең топырақтың жоғары қабатында орналасқан. Шүйіншөптің қалыптасқан және үлкен өсімдігі ұсақ құрғақшылық төзеді, бірақ жоғары егістік алу үшін ылғалды жерге егу керек. Шүйіншөп аязбен зақымдалмайды, ал өсімдік жоғары қысқа беріктілікке ие. Шүйіншөптің тұқымы 5^0C температурада өседі, оптималды температуралардың өсуі үшін шамамен 20-30^0 C.

Егісті сепкеннен кейін 12-20 күнде жерге шығады, жапырақтары күзге дейін көбейеді, күздің соңында жапырақтары түседі. Екінші және соңғы жылдары шүйіншөптің өсуі қардың кетуінен кейін тез өсе бастайды, бутонизация 30-50 күннен кейін оған жол береді. Гүлденуі 45-55 күн және тұқымы 75-110 күннен кейін өседі. Шүйіншөптің тұқымын сақтау кезінде өнгіштігін тез жоғалтады. Қоймада 1 жылдың өзінде-ақ сапасы төмендейді, сондықтан шүйіншөптің тұқымын тергеннен кейін 1 жылға дейін сақтауға ұсынады.

Температураға қатынасы. Табиғат жағдайда шүйіншөп әр түрлі температурада өседі. Шүйіншөп дақылы жоғары суыққа төзімдігі: өсімдік қар жамылғысы жоқ 10-15^0 C суыққа өлмейді. Шүйіншөп баптау сапасы кезеңінде өтеді. Баптау сапасы төмен температурада 2^0C дейін шүйіншөп дақылы үшін жақса аймақтар – орманды және орманды дала, Еуропаның бө-

лігі, Батыс және Шығыс сібірі сонымен бірге тау аймақтарындағы Орта Азияның таулы аудандары.

Жарыққа қатынасы. Шүйіншөп күннің ұзақтығына әсерін тигізбейді. Тәжірибелі ВИЛАР әр түрлі күннің ұзақтығы сағат және табиғи күн шүйіншөптің дамуына, өсуіне әсер етпейді.

Ылғалдылыққа қатынасы. Шүйіншөп ылғал сүйгіш және төмендеу жерді топырақ суына жақын жерді қалайды. Шүйіншөп өсімдігі құрғақшылыққа төзімді, ылғалдың жетіспеуі көбеюіне, өсуіне әсер етеді. Ал көктемгі жел өсімдікті құртуға әсер етеді.

Топыраққа қатынасы. Табиғи жағдайда шүйіншөп (немесе халық атауы мысықтамыр) әртүрлі топырақта өседі. Дақыл ретінде құнарлы жерде оңай егістік береді, топырағы – ортаңғы механикалық құрамды нейтралды немесе сілтемелі реакция. Шүйіншөп үшін жақсы топырақ – құрғатылған және шымтезекті, нашары – ауыр, сазды, аэрациясы төмен топырақ және төменгі қыртысты жер. Құм және батпақты топырақ шүйіншөп үшін пайдалы емес.

Дәрілік шүйгіншөптің өсіру ерекшеліктері. Дәрілік шүйгіншөптің тамыры мен тамыр сабағынан дайындалған дәрі-дәрмектер медицинада тыныштандырғыш зат есебінде, ұйқысыздықта, жүрек қан тамыр жүйесінің неврозында, жүректің катты соғуы кезінде қолданылады.

Дәрілік шүйгіншөп үшін ең жақсы алғы дақыл – астық немесе сүрлемдік дақылдар болып есептеледі. Топырақтағы тамыр өнімінің сапасын төмендететіндіктен дәнді-бұршақты дақылдардан кейінгі екінші жылы ғана орналастыру керек, және топырақтың механикалық жағынан жеңіл болғаны қолайлы.

Топырақты өңдеу жұмысы жерді күзде 28-32 см тереңдікте аудара жырту және егіс алдындағы өңдеуден тұрады.

Дәрілік шүйгіншөп егісіне тыңайтқыш енгізу оның тамыр өнімін және тамырының сапасын көтереді. Органикалық тыңайтқыш негізгі өңдеу алдында 30 т/га дейін мөлшерде беріледі. Минералды тыңайтқыштың 20-30% негізгі өңдеумен, 5-10% себумен бірге берілуі қажет.

Оңтүстік Қазақстан өңірінде дәрілік шүйгіншөптің қолайлы көбейту жолы – көшетінен көбейту. Көшетті дайындау үшін жаңадан жиналған тұқымды тамыз айының алғашқы онкүндігінде себеді. Қатар аралықтары 10-12 шаршы алаңға 1,5-2,0 г тұқым қажет. Тұқым сепкен соң танаптың бетін 1-1,5 см қалыңдықта көңмен жабады. 1 гектарға қажетті көшет дайындау үшін 100-150 шаршы метр көшет алаңы керек. Мол өнім алу үшін көшетті күзде (қазан айының екінші жартысында) немесе ерте көктемде 70 х 20 не 70 х 25 қоректену алаңына отырғызған өте тиімді. Күтіп-баптау жұмыстары топырақ ылғалдылығын бір қалыпты сақтауды (өсіп-жетілу кезінде 6-8 рет суару қажет), танаптың арамшөптерден таза, топырақтың физикалық құрамының өсімдік үшін қолайлы болуын (2 рет қопсыту) және үстеп қоректендіруді қамтамасыз ету керек.

Дәрілік шүйгіншөпті көлемді егіс алқабына еккенде 1 га жерге 3-4 кг тұқым себіледі. Себу үшін көкөніс сепкішін қолдануға болады.

Негізгі өңдеу (аудара жырту 28-32 см) жұмыстары себуден 27-30 күн бұрын жүргізілуі керек. Тұқым топырақтың қатты беткі қабатына түсу үшін алдыңғы өңдеуде міндетті түрде топырақты тығыздау жұмысы жүргізіледі [15].

Оңтүстік Қазақстан өңірінде дәрілік шүйіншөптің қолайлы көбейту жолы – көшетінен көбейту. Дәрілік шүйіншөпті көлемді егіс алқабына еккенде 1 га жерге 3-4 кг тұқым себіледі. Себу үшін көкөніс сепкішін қолдануға болады.

Қорытынды

Қорыта айтқанда, дәрілік шүйіншөптің экологиялық оптимумдарын ескере отырып Оңтүстік Қазақстан жағдайында өсіруге және фармацевтік қасиетінің жоғарлығына, сапасының құндылығына байланысты өндіріске ұсынуға болады.

Әдебиеттер

1 Мухитдинов Н.М., Мамурова А.Т. (2013) Дәрілік өсімдіктер. – Алматы: Дәуір, 400. ISBN 978-601-217-416-8

2 Қожабекова М., Қожабекова Г.К. (1982) Дәрілік өсімдіктер. – Алматы: Қазақстан, 182.

3 Іскендіров Ә. (1982) Қазақстанның дәрілік өсімдіктері. – Алматы: Қазақстан. 188.

4 Илиева С. (1971) Лекарственные культуры (перевод переработанного болгарского издания А. Литягина) – София: Замиздат, 257.

5 Кукенов М.К., Аверина В.Ю., Гусак Л.Е., Самойлова В.А. (1986) Распространение и запасы некоторых лекарственных растений Чимкентской области // Проблемы рационального использования лекарственно-технических растений Казахстана. – Алма-Ата: Наука. – 107-112.

6 Енин П. К., Лошкарев П. М., Соцыперова Ф. А., Чукичева М. Н. (1953) Валериана лекарственная (Под ред. Ицкова). – М.: Медгиз, 110.

7 Ворошилов В.Н. (1959) Лекарственная валериана. – М.: Издательство Академии наук СССР, 160.

8 Курамысова Ш.И. и др. (1989) Лекарственные растения (Заготовка, хранение, переработка, применение). И.И. Курамысова, Ф.Д. Аксенова, Н.Т. Татимова – 3-е изд. дополн. и перераб.). – Алматы: Кайнар, 304.

9 Бурмистров А.Н., никитина В.А. (1990) Медоносные растения и их пыльца. М., Росагропромиздат, 192.

10 Баймухамбетов М.А. (1995) Целебные растения. – Шымкент, 63-183.

11 Серебряков И.Г. (1964) Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. Т.3 – М., – Л.: Издательство АН СССР. 146-208.

12 Федоров Ал. А., Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т. (1956) Атлас по описательной морфологии высших растений. Лист. – М., Л.: Издательство АН СССР, 304.

13 Пак Т.А. (2003) О схожести семян Halimiphyllum atriplicoides Boriss. (Zygophyllaceae Lindl.) // Биологический журнал. Узбекистан. № 1-2. 56-62.

14 Ильюшечкина Н.В. (2009) Характеристика популяций Valeriana officinalis L. на терри-торий Республики Марий Эл // Вестник Казанского государственного аграрного универси-тета. – Казань. – Т. 13, вып. 3. 126-130.

References

1 Mukhitdinov NM, Mamurova AT (2013) Medicinal plants [Darilik osimdikter]. Era, Almaty, 400 p. – ISBN 978-601-217-416-8. (In Kazakh)

2 Қozhabekova M, Қozhabekova GK (1982) Medicinal plants. [Darilik osimdikter]. Almaty. Kazaқstan, 182. (In Kazakh)

3 Iskendirov A (1982) Medicinal plants. [Lekarstvennye rastenija] Almaty, Kazakhstan in.

4 Eli S. (1971) Medicinal plants (translation of recycled Bulgarian editions of Lityagina). [Lekarstvennye kultury (perevod perabotannogo bolgarskogo izdanija A.Lityagina] Sofia. Zamizdat, 257. (In Russian)

5 Kukenov MK, Averin VY, Husak LE, Samoilova VA (1986) Distribution and stocks of some medicinal plants Shymkent region // Problems in the rational use of medicinal and technical plants in Kazakhstan. [Rasprostranenie i zapasy nekotoryh lekarstvennyh rastenii Chimkentskoi oblasti // Problemy racional'nogo ispol'zovanija lekarstvenno-tehnicheskih rastenii Kazahstana] – Alma-Ata: Science. – 107-112. (In Russian)

6 Enin PK, Loshkarev PM, Sotsyperova FA, Chukicheva MN (1953) Valeriana officinalis [Valeriana lekarstvennaja] Ed. Edited by Itskova) Moscow, Medgiz, 110. (In Russian)

7 Voroshilov VN (1959) Drug valerian. [LekarstvennajaValeriana] Moscow. Publisher of the USSR Academy of Sciences. 160. (In Russian)

8 Kuramysova S. I. et al. (1989) Medicinal plants (procurement, storage, processing, use). [Lekarstvennye rastenija [Zagotovka, hranenie, pererabotka, primenenie] [II Kuramysova, Franklin D. Aksenov, NT Tatimov – 3rd ed supplemented and revised.) Almaty Kainar, 304. (In Russian)

9 Burmistrov AN, Nikitin VA (1990) Honey plants and their pollen. [Medonosnye rastenija i ih pyl'ca). M .: Rosagropromizdat, 192. (In Russian)

10 Baimukhambetov MA (1995) Medicinal plants. [Celebnye rastenija] Shymkent. pp 63-183.

11 Serebryakov IG (1964) Life forms of higher plants and their study [Zhiznennye formy vysshih rastenii i ih izuchenie) // Field geobotany. V.3 – M., – L.: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR. 146-208. (In Russian)

12 Fedorov Al. A. Kirpichnikov ME, Artyushenko ZT (1956) Atlas of descriptive morphology of higher plants. [Atlas po opisatel'noi morfologii vysshih rastenii] Sheet. – M., L.: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR. 304. (In Russian)

13 Pak TA (2003) About seed germination Halimiphyllum atriplicoides Boriss. [O vshozhesti semjan Halimiphyllum atriplicoides Boriss) [Zygophyllaceae Lindl.] // Biology journal. Uzbekistan. № 1-2. 56-62. (In Russian)

14 Ilyushechkina NV (2009) Characteristics of Valeriana officinalis L. populations in the territories of the Republic of Mari El. [Harakteristika populjacii Valeriana officinalis L. na territorii Respubliki Marii Yel] // Vestnik of the Kazan State Agrarian University. – Kazan, – V. 13, no. 3, 126-130. (In Russian)

Шевченко А.С.,
Музычкина Р.А.,
Корулькин Д.Ю.

Казахский национальный университет
им. аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Макро- и микроэлементный состав некоторых казахстанских растений рода *Polygonum* L.

Микро- и макроэлементный составы растительного сырья – важный товароведческий показатель растительного сырья. Зола – показатель качества заготовленного сырья, а определение элементного состава зольного остатка растительного происхождения позволяет получить сведения о месте произрастания и возможности постоянного сбора лекарственного сырья. Методом атомно-адсорбционной спектрометрии определено содержание макро- и микроэлементов в надземных частях лекарственного растительного сырья 3-х видов горца: горца земноводного (Polygonum amphibium L.), горца перечного (Polygonum hydropiper L.) и горца птичьего (Polygonum aviculare L.), имеющих промышленные запасы на территории Казахстана. В результате проведенного анализа во всех образцах установлено содержание микро- и макроэлементов находится в пределах допустимых норм. Радионуклидов и тяжелых элементов не обнаружено, что свидетельствует об экологической чистоте растительного материала и мест их возможной заготовки для получения фитопрепаратов. Для изученных видов горцев выявлены специфические особенности накопления отдельных элементов и их общее количественное содержание, что может быть использовано в технологии производства фитопрепаратов.

Ключевые слова: Polygonum L., микро- и макроэлементы, тяжелые металлы, радионуклиды.

Shevchenko A.S.,
Muzychkina R.A.,
Korulkin D.Yu.

Al-Farabi Kazakh National university,
Kazakhstan, Almaty

Macro- and microelement composition of some Kazakh plants of the genus *Polygonum* L.

Composition of micro- and macroelements of plant material is an important qualitative measure of plant raw materials. The ash - quality of collected plant materials, and the determination of the element's composition of the ash plant provides information about the place of growth and the possibility of a permanent collection of herbal plants. By the method of the atomic absorption spectrometry had been determined the content of macro- and microelements in the aerial parts of the three medicinal plants species Polygonum L.: Polygonum amphibium L., Polygonum hydropiper L. and Polygonum aviculare L., which have industrial stocks on territory of Kazakhstan. As the result of the conducted analysis in all samples had been established that the composition of macro- and microelements is within the acceptable limits. Radionuclides and heavy elements were found, which indicates the ecological purity of the plant material and the places of their possible harvest for the obtain phytopreparations. For the studied Polygonum L. species had been revealed specific features of accumulation of individual elements and their total quantitative content, all that can be used in the production technology of phytopreparations.

Key words: Polygonum L., macro- and microelements, heavy metals.

Шевченко А.С.,
Музычкина Р.А.,
Корулькин Д.Ю.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университеті, Қазақстан, Алматы

Қазақстандық *Polygonum* L. өсімдігінің кейбір түрлерінің макро- және микроэлементтік құрамы

Өсімдік шикізатының микро- және макроэлементтік құрамы – ең маңызды таурлық көрсеткіш болып табылды. Күл-дайндалған шикізаттың сапасының көрсеткіші, ал күлдің элементтік құрамы анықтау дәрілік шикізаттың өсу орны және жинау мүмкіндігі туралы мәлімет береді. Макроэлементтердің мөлшері өсімдіктердің түріне байланысты, ал әр макроэлементің концентрациясы бір-бірінен ерекшеленеді. Polygonum L. дәрілік өсімдік шикізатының 3 түрінің, яғни: Polygonum amphibium L., Polygonum hydropiper L. және Polygonum aviculare L. түрлерінің жерүсті бөлігінің макро- және микроэлементтік құрамы атомды-адсорбционды спектрометрия әдісімен анықталды. Бұл аталған түрлерінің Қазақстан аумағында өндірістік қоры жеткілікті жасалған анализ қорытындысы бойынша. Жоғарыда аталған түрлерде микро- және макроэлеметтердің құрамы шекті рұксат етілген нормада екені анықталды. Радионуклидтар мен ауыр элементтер анықталған жоқ, бұл өсімдік материалының және олардық фитопрепараттар алу үшін мүмкін болатын дайындау орындарының экологиялық таза екенінің дәлелі. Polygonum L. өсімдігінің зерттелген түрлері үшін жеке заттардың жинауының спецификалық ерекшеліктері мен олардың сандық құрамы анықталды. Бұл мәліметті, фитопрепараттардың өндірісінді қолдануға болады.

Түйін сөздер: Polygonum L., микро- и макроэлементтер, ауыр металдар.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 581.5

[*]Шевченко А.С., Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы
[*]E-mail: Shevchenko.anas@gmail.com

МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НЕКОТОРЫХ КАЗАХСТАНСКИХ РАСТЕНИЙ РОДА *POLYGONUM* L.

Введение

Нарастающее техногенное воздействие со стороны промышленных комплексов, а также различных видов транспорта приводит к значительному загрязнению почв вредными веществами, снижению способности к самовосстановлению почв и деградации растительности. Из-за роста городов, увеличения количества транспорта, расширения производственных площадей возникает необходимость проведения контроля его качества и экологической чистоты [1].

На усвоение и поглощение растениями химических элементов влияют природные факторы: уровень инсоляции, колебания температуры, количество выпадающих осадков. Например, в засушливые годы некоторые растения аккумулируют железо, во влажные – марганец, медь, цинк, молибден. К числу наиболее опасных загрязнителей относятся тяжелые металлы, которые являются протоплазматическими ядами. Токсичность которых возрастает по мере увеличения атомной массы и проявляется по-разному. Некоторые металлы при токсичных уровнях концентраций ингибируют деятельность ферментов (медь, ртуть). Другие образуют хелатоподобные комплексы с обычными метаболитами, нарушая нормальный обмен веществ (железо). Такие металлы, как кадмий, медь, железо (II) взаимодействуют с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость, другие конкурируют с необходимыми растениям элементами, нарушая их функциональные роли [1-4].

Как известно, тяжелые металлы относятся к группам микро- и ультрамикроэлементов [5]. Важная роль микроэлементов в физиологических процессах развития организма растений не вызывает сомнений. Например, биогенность меди, цинка, молибдена, кобальта, марганца, никеля и некоторых других микроэлементов давно изучается с точки зрения физиологии и биохимии растений и животных [6]. Причем величины нормального содержания элементов в живых организмах значительно варьируют в зависимости от видовой принадлежности, а также от взятых для исследования органов и тканей. Поэтому при оценке результатов экологического мониторинга тяжелых металлов нами было определено их количественное

содержание в надземных органах растений и в почве мест произрастания.

Микро- и макроэлементный составы растительного сырья – важный товароведческий показатель растительного сырья. Количество золы в растительном сырье колеблется в определенных пределах и зависит как от специфики самого сырья, так и способа его сбора и условий сушки. Значительные отклонения от указанных норм обычно свидетельствуют о загрязнении сырья минеральной примесью или о несвоевременном сборе сырья и др. То есть, зола – показатель качества заготовленного сырья, а определение элементного состава зольного остатка растительного происхождения позволяет получить сведения о месте произрастания и возможности постоянного сбора лекарственного сырья [2].

Растения рода горец (*Polygonum* L.) семейства гречишных (*Polygonaceae*) широко известны и используются в официнальной и народной медицине в качестве вяжущего, общеукрепляющего, кровоостанавливающего и диуретического средств при острых желудочно-кишечных заболеваниях, заболеваниях верхних дыхательных путей, геморроидальных и маточных кровотечениях, гипотензии, туберкулезе, язве желудка, дизентерии, малярии и разных опухолях, при мочекаменной и желчекаменной болезнях и как витаминное [7, 8].

Дикорастущая флора Казахстана включает 49 видов растений рода горец, содержащих различные группы биологически активных веществ, среди которых важное место занимают микроэлементы, тесно связанные с функцией ферментов, витаминов, обменными процессами в организме [5] и имеют лечебное значение. В малых дозах микроэлементы необходимы для нормального осуществления тканевого дыхания, свертывания крови, кроветворения, белкового обмена. Процесс накопления микроэлементов в растениях носит чаще всего избирательный характер.

Содержание макроэлементов в растениях, хотя и колеблется в зависимости от видовой специфичности, характеризуется относительно близкими величинами, тогда как различия в концентрации отдельных микроэлементов настолько велики, что придают каждому виду черты химической неповторимости. Видовая специфичность растений по микроэлементному составу и их количественному содержанию представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Каждый микроэлемент играет в организме растений, животных и человека определенную роль. Медь и железо, например, необходимы для кроветворения. Они активизируют работу ферментов и входят в состав некоторых из них, ускоряют их окислительно-восстановительные процессы. При недостатке меди и железа развивается анемия, наблюдается нарушение роста и развития. Марганец участвует в окислительно-восстановительных реакциях процессов дыхания, кроветворения и размножения. Кобальт входит в состав витамина B_{12}. Значение цинка велико и разнообразно. Он влияет на рост, воспроизводительную функцию, кроветворение, белковый и углеводный обмен. Цинк входит в состав ферментов и активизирует их действие. Кроме того, цинк действует как антиоксидант, необходимый для синтеза протеина и залечивания ран. Он связан с действием более чем 30 энзимов, способен связываться с риновирусами, вызывающими простуду, и лишать их способности к размножению [5]. Выяснено, что при дефиците никеля появляются глазные заболевания, которые нередко переходят в слепоту. Большое значение приобретают микроэлементы при лечении таких тяжелых заболеваний как болезни крови, злокачественные опухоли [4].

Особый интерес в этом отношении представляют лекарственные растения, так как при их использовании в виде суммарных препаратов, лечебное действие содержащихся в них фармакологически активных веществ может успешно сочетаться с действием микроэлементов. Действуя через ферментную систему или непосредственно связываясь с биополимерами растений, микроэлементы могут стимулировать и ингибировать процессы роста, развития и репродуктивную функцию растений. Изучение значения микроэлементов в обмене веществ растений необходимо для выявления новых возможностей управления их продуктивностью, поскольку микроэлементы могут выступать как специфические и как неспецифические регуляторы обмена веществ. Составной частью общебиологической проблемы выяснения значения микроэлементов в отдельных звеньях обмена веществ является вопрос о взаимодействии микроэлементов с ДНК. Актуальность этого аспекта определяется действием ионов металлов во многих биологических процессах, происходящих с участием нуклеиновых кислот. Ионы металлов можно рассматривать как фактор, участвующий в создании необходимой для выполнения биологической функции конформации макромолекул [4].

Состав микроэлементов исключительно своеобразен, причем в золе некоторые элементы могут служить своеобразным индикатором почвы, на которой произрастали собранные растения. Иногда растения обладают способностью избирательно поглощать из почвы только те элементы, которые необходимы для их жизнедеятельности [6].

Существует взаимосвязь между накоплением в растениях определенных групп физиологически активных соединений и концентрированием в них микроэлементов. Так, растения, продуцирующие сердечные гликозиды, избирательно накапливают марганец, молибден и хром; растения, продуцирующие алкалоиды, накапливают кобальт, цинк, марганец, реже – медь; продуцирующие сапонины – молибден и вольфрам, а терпеноиды – марганец.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования служили фармакопейные растения: горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), горец перечный (*Polygonum hydropiper* L.) и горец земноводный (*Polygonum amphibium* L.) Сбор, сушка и хранение сырья, а также отбор проб для анализа проводили по требованиям ГФ РК [11].

Микро- и макроэлементный состав растительного сырья определяли с помощью атомно-адсорбционного спектрометра Shimadzu AA-6200 («Shimadzu», Япония). Пробу на анализ готовили по общепринятой методике [4] и требованиям ГФ РК [11]. Растительное сырье измельчали и сжигали в фарфоровом тигле при температуре 500-600^{0}С в муфельной печи до образования зольного остатка. Золу растворяли в 1 н растворе HNO_3 и далее проводили анализ по методике. В качестве стандартного раствора использовали 1 н раствор азотной кислоты. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Результаты и их обсуждение

При изучении микро- и макроэлементного состава нескольких видов рода *Polygonum* L. представленных в таблице, выявлено следующее: наибольшее количество отдельных микроэлементов по массе выявлено у *P. hydropiper*, наименьшее – у *P. aviculare*. Кроме того, очевидны различия в содержании элементов (отмечено точками). Все указанные элементы доминируют в горце земноводном.

Содержание микроэлементов в исследованных объектах не превышает предельно допустимых норм [11]. Однако видно также, что растения этих видов горца извлекают из почвы только те элементы, которые необходимы им для жизнедеятельности и для продуцирования важнейших групп биологически активных веществ (полифенольные соединения, витамины, коферменты).

Таблица 1 – Макро-и микроэлементный анализ некоторых растений рода *Polygonum* L.

Элементы, мкг/мл	P. amphibium	P. aviculare	P. hydropiper
Na	187.7	14.3	15.5
K	774.6	834.8	828.7
Mg	323.1	160.3	234.5
Cu	0.744	0.094	0.103
Ni	0.101	0.047	0.031
Fe	61.7	6.05	7.71
Mn	15.1	9.41	1.73
Zn	3.93	1.04	0.867
Ca	1220.7	268.3	308.2
Cd	–	0.037	0.011
Pb	–	–	–

Содержание меди меняется в растениях: *P. amphibium* > *P. hydropiper* > *P. aviculare*

Медь демонстрирует явление биоконцентрации, что обусловлено особенностями метаболизма горца птичьего. Известно, что медь входит в состав полифенолоксидазы – активатора в биогенезе фенольных соединений [3,4]. Недостаток меди отрицательно отражается на продуцировании фенольных соединений, а также пигментов, антоцианов, некоторых витаминов, ауксинов, белков. Сапонинсодержащие и алкалоидоносные растения также отличаются повышенным содержанием меди [6]. Медь содержащие синего цвета белки – пластоцианины – принимают участие в процессе фотосинтеза, являясь естественными антиоксидантами. Темно-зеленый фермент окисления жирных кислот в растениях – дегидратаза бутирил-КоА и аскорбатоксидаза – содержат в активном центре ионы меди.

Содержание цинка меняется в растениях: *P. amphibium* > *P. aviculare* > *P. hydropiper*

Цинк принимает активное участие в физиологических процессах растений, так как входит в состав активного центра целого ряда энзимов, в том числе и участвующих в биосинтезе полифенольных соединений. По некоторым данным, цинк повышает устойчивость растений к засухе и гипертермии [6]. Критическая концентрация цинка в растениях составляет 300 мг/кг. Подвижность и биодоступность цинка повышается в кислых легких почвах.

Количественное содержание марганца меняется: *P. amphibium* > *P. aviculare* > *P. hydropiper*, указывают на существование физиологического барьера, препятствующего накоплению марганца в ассимилирующих и генеративных органах *Polygonum hydropiper* L. до фитотоксичных концентраций. Он входит в состав многих металлофлавопротеидов. принимающих участие в окислительно-восстановительных процессах в клетках растений [4, 6]. Данный элемент активирует ферменты, участвующие в синтезе моносахаров. производных циклопентанопергидрофенантрена. дубильных веществ, алкалоидов, витамина B_{12}. Количественное содержание танидов кореллирует с накоплением марганца в растениях. Его фитотоксичность увеличивается в кислой среде и он по-видимому, является антагонистом меди.

Никель (*P. amphibium* > *P. aviculare* > *P. hydropiper*) оказывает неспецифическое действие на целый ряд металлоферментных комплексов, участвуя во многих биохимических реакциях, в том числе и в синтезе биологически активных соединений. никель является стабилизирующим фактором для антоциановых пигментов и его значительные количества отмечаются в цветках флавоноидосодержащих растений [4].

Следует отметить, что в изученных фармакопейных видах горцев присутствуют и такие элементы как свинец и кадмий, которые принято считать токсичными. Однако в природе нет токсичных и нетоксичных химических элементов, есть токсичные и нетоксичные концентрации. Концентрации данных микроэлементов достаточно низки во всех органах исследуемых растений, что является показателем чистоты почв в месте их произрастания. Калий, натрий, кальций и магний доминируют во всех, однако индивидуальный набор элементов в каждом виде специфичен и связан с доминирующими группами БАВ в этих видах.

Литература

1 Касимов Н.С. Геохимические принципы эколого-географической систематики городов // Экогеохимия городских ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 20-36.

2 Протасова Н.А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных // Соросовскнй образовательный журнал. – 1998. – № 12. – С. 32.

3 Протасов, В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России : учеб. и справочное пособие – М., 2000. – 672 с.

4 Тарасова, Т.Ф. Комплексная оценка степени загрязнения растений придорожной территории улиц промышленного города // Вестник ОГУ. – 2002. – №3. – С. 15-20.

5 Тарасова, Т. Ф. Химия окружающей среды : учеб. пособие. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2001. – 41 с.

6 Шайхутдинова, А. А. Скрининговая оценка содержания тяжелых металлов в горце птичьем // Вавиловские чтения – 2009 : материалы Международной научно-практ. конф. – Саратов, 2009. – С. 175-176.

7 Лазарев А.В., Недопекина С.В. Обзор рода *Polygonum* L.// Научные ведомости. – 2009. – Т. 11. – Вып. 66. – С. 18-24.

8 Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных, Наука. – Новосибирск, 2004. – 240 с.

9 Рахметова А.А., Мельдеханов Т.Т., Мухаметгалиев А.Г. Современные проблемы фармации. – Алма-Ата, 1989. – С. 102.

10 Боровский В.М. Микроэлементы в биосфере Казахстана. – Алматы, Наука, 1981. – С. 3-96.
11 Государственная Фармакопея Республики Казахстан. – Алматы – 2008. – Т.1. – 592 с.

References

1 Kasimov N.S. Geohimicheskie principy jekologo-geograficheskoj sistematiki goro-dov // Jekogeohimija gorodskih land-shaftov. – M. : Izd-vo MGU, 1995.-S. 20-36.
2 Protasova N.A. Mikrojelementy: biologicheskaja rol', raspredelenie v pochvah, vlija-nie na rasprostranenie zabolevanij cheloveka i zhivotnyh // Sorosovsknj obrazovatel'nyj zhurnal. – 1998. -№ 12. – S. 32.
3 Protasov, V. F. Jekologija, zdorov'e i ohrana okruzhajushhej sredy v Rossii : ucheb. i spravochnoe posobie – M. : 2000. – 672 s.
4 Tarasova, T.F. Kompleksnaja ocenka stepeni zagrjaznenija rastenij pridorozhnoj ter-ritorii ulic promyshlennogo goroda // Vestnik OGU. – 2002. -№3.- S. 15-20.
5 Tarasova, T. F. Himija okruzhajushhej sredy : ucheb. posobie. – Orenburg : Izd-vo OGU, 2001. – 41 s.
6 Shajhutdinova, A. A. Skriningovaja ocenka soderzhanija tjazhelyh metallov v gorce ptich'em // Vavilovskie chtenija – 2009 : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakt. konf. – Saratov, 2009. – S. 175-176.].
7 Lazarev A.V., Nedopekina S.V. Obzor roda Polygonum L.// Nauchnye vedomosti.- 2009.- T. 11.- Vyp. 66. – S. 18 – 24.
8 Vysochina G.I. Fenol'nye soedinenija v sistematike i filogenii semejstva gre-chishnyh, Nauka, Novosibirsk, 2004, 240 s.
9 Rahmetova A.A., Mel'dehanov T.T., Muhametgaliev A.G. Sovremennye problemy farmacii. Alma-Ata.: 1989, S.102.
10 Borovskij V.M. Mikrojelementy v biosfere Kazahstana. A., Nauka, 1981, s.3-96.
11 Gocydarstvennaja Fapmakopeja Pecpybliki Kazahctan. Almaty – 2008. – T.1. – 592 s.

[1]Чилдибаева А.Ж.,
[1]Қуатбаев А.Т., [2]Аралбай Н.К.,
[1]Назарбекова С.Т., [1]Аметов А.А.

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
[2]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы

Су және су жағалаулық өсімдіктер құрамындағы шыланданды (*Potamogetonaceae* Dum.) зерттеу мәселелеріне материалдар

Бұл мақалада шыланданды (Potamogetonaceae Dum.) тұқымдасының туыстық және түрлік анықтағыш кілттері қазіргі таксономиялық жүйеге сәйкес мемлекеттік тілде берілген. Шыланданды (Potamogetonaceae Dum.) тұқымдасында 24 түрді қамтитын Шылаң - Potamogeton L., Руппия - Ruppia L., Занникеллия - Zannichellia L. 3 туыс бар. Шылаң - Potamogeton L. туысының: P. filiformis Pers. (жіңішке шылаң), P. pamiricus Baagoe. (памир шылаң), P. macrocarpus Dobroch. (іріжеміс шылаң) және т.б.; Руппия - Ruppia L. туысының: R. spiralis L. (спираль руппия), R. maritima L. (теңіз руппия) - 2 түрінің; Занникеллия - Zannichellia L. туысының: Z. palustris L. (батпақ занникеллия), Z. pedunculata Reichb. (сабақты занникеллия), Z. major Boenn. (үлкен занникеллия) - 3 түрінің анықтағыш кілттері жасалған.

Түйін сөздер: анықтағыш кілттер, су флорасы, туыс, түр, шыланданды.

---

[1]Childibaeva A.Zh.,
[1]Kuatbaev A.T., [2]Aralbai N.K.,
[1]Nazarbekova S.T., [1]Ametov A.A.

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
[2]Abai Kazakh National Pedagogical University, Kazakhstan, Almaty

To a representation question Potamogetonaceae Dum. as a part of coastal and water vegetation

In this article keys definitions of generes and species of Potamogetonaceae Dum. family are given according to modern taxonomical system in a state language. In family the Potamogetonaceae Dum. of 3 generes: Potamogeton L., Ruppia L., Zannichellia L. and 24 species. Keys definition for 19 species of the generes Potamogeton L are made.: P. filiformis Pers., P. pamiricus Baagoe., P. macrocarpus Dobroch., etc.; 3 species of the generes Zannichellia L.: Z. palustris L., Z. pedunculata Reichb., Z. major Boenn.; 2 species of the generes Ruppia L.: R. spiralis L., R. maritima L. Potamogeton L. – multiyear aquatic plants; potamogetonaceae genus of the family. Individual shoots or plant parts floating freely in the water directly on the surface or under the water surface. The leaves are alternate, petiolate or sessile, of various shapes and sizes, from filamentous and linear to oval and almost round.

Key words: definition keys, genera, potamogetonaceae, species, water flora.

---

[1]Чилдибаева А.Ж.,
[1]Қуатбаев А.Т., [2]Аралбай Н.К.,
[1]Назарбекова С.Т., [1]Аметов А.А.

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы
[2]Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Казахстан, Алматы

К вопросу представленности рдестовых (Potamogetonaceae Dum.) в составе прибрежно-водной растительности

В данной статье приведены ключи определения родов и видов семейства рдестовых (Potamogetonaceae Dum.) в соответствии с современной таксономической системой на государственном языке. В семействе рдестовых (Potamogetonaceae Dum.) 3 рода: Рдест - Potamogeton L., Руппия - Ruppia L., Занникеллия - Zannichellia L. и 24 вида. Составлены ключи определение для 19 видов рода Рдест - Potamogeton L.: P. filiformis Pers. (рдест нитевидный), P. pamiricus Baagoe. (рдест памирский), P. macrocarpus Dobroch. (рдест крупноплодный), и др.; 3 видов рода Занникеллия - Zannichellia L.: Z. palustris L. (занникеллия болотная), Z. pedunculata Reichb. (занникеллия стебельчатая), Z. major Boenn. (занникеллия большая); 2 видов рода Руппия - Ruppia L.: R. spiralis L. (руппия спиральная), R. maritima L. (руппия морская).

Ключевые слова: вид, водная флора, ключи определения, рдесты, род.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 633.21 (235.216)

[1*]Чилдибаева А.Ж., [1]Қуатбаев А.Т., [2]Аралбай Н.К., [1]Назарбекова С.Т., [1]Аметов А.А.

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
[2]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
[*]E-mail: asel.childibaeva@mail.ru

СУ ЖӘНЕ СУ ЖАҒАЛАУЛЫҚ ӨСІМДІКТЕР ҚҰРАМЫНДАҒЫ ШЫЛАҢДАРДЫ (*POTAMOGETONACEAE* DUM.) ЗЕРТТЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІНЕ МАТЕРИАЛДАР

Кіріспе

Зерттеу жұмысының өзектілігі – Қазақстандағы барлық өсімдіктердің қазақ тілінде – мемлекеттік тілде осы күнге дейін болмауы. Мұндай энциклопедиялық-аналитикалық анықтамаға сұраныс өте үлкен: жыл сайын қазақ тілінде жұмыс істейтін мамандардың; қазақ тілінде білім алатын студенттердің (әсіресе оралман-студенттердің) саны да көбеюде. Сондай-ақ мұндай анықтағышты жасау теориялық жағынан да өзекті. Ботаникадан қазақ тілінде бірқатар оқу құралдары мен сөздіктер болғанымен, тек осы зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша ғана қазақ тілінде морфологияның, систематиканың және өсімдіктер географиясының түсініктемелері іс жүзінде кеңейіп, толыға түседі. Қазақстан өсімдіктерінің қазақ тілінде осы уақытқа дейін бірде-бір анықтағышы болмағандықтан, зерттеу жұмыстарының мәліметтері толығымен жаңа болып табылады.

Қазақстан су қоймаларының флорасы мен өсімдіктерін қарқынды зерттеу халықтың сапалы суды пайдалану қажеттілігіне және өнеркәсіптің дамуына байланысты жүргізіле бастады. Өткен жүзжылдықтың ортасында су қоймаларының тіршілігін, оның ішінде биологиялық және биохимиялық процестерді біршама терең зерттеуге бағытталған көптеген зерттеу жұмыстары жасалды [1-3].

Зерттеудің бұл кезеңінде ғалымдар жеке су қоймалары флорасының сипаттамасымен шектеліп қана қоймай, геоботаникалық және экологиялық мәселелерге көп көңіл бөле бастады [4-5].

Зерттеу нысаны – Қазақстан флорасындағы жоғары сатыдағы (4500-ден астам) түтікті өсімдіктер.

Осыған байланысты біздің ғылыми жұмысымыздың мақсаты – қазіргі таңдағы эволюциялық классификация бойынша Қазақстанның әртүрлі су қоймаларындағы су өсімдіктерінің тұқымдастарын, туыстарын және түрлерін анықтайтын кілттерін құрастыру болған. Осы мақсатқа жету үшін мынадай бірнеше міндеттер орындалды:

– Қазақстан өсімдіктерінің түрлік алуантүрлілігі бойынша мағлұматтар жиналды;

– Классификацияның қазіргі таңдағы эволюциялық жүйесіне сәйкестендірілді;

– Қазіргі таңдағы ботаникалық номенклатураға сәйкестендірілді;

– Гербарийлер жинау арқылы материалдар толықтырылды;

– Қазақстандағы гербарийлер қорына талдау жасалды;

– Тұқымдастықтан жоғары таксондардың және тұқымдастардың анықтағыш кілттері жасалды;

– Туыстардың анықтағыш кілттері жасалды;

– Түрлердің анықтағыш кілттері жасалды.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Ұсынылып отырған мақала 2012-2014 жж. Қазақстанның бір топ ботаниктері жеңіп алған «Қазақстан өсімдіктерінің анықтағышы» тақырыбындағы № 78 МТ № 0112РК00727 Қазақстан Республикасы, Білім және ғылым министрлігінің гранты аясында «әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» шаруашылық жүргізу құқығындағы Республикалық мемлекеттік кәсіпорыны, шаруашылық жүргізу құқығындағы «Экология проблемалары ғылыми – зерттеу институты» еншілес мемлекеттік кәсіпорнында жасалған. Қазіргі кезде сол ғылыми жобаның жүргізілген ғылыми жұмыстары мен сараптамалары негізінде, бұл жұмыста өсімдіктердің систематикасы және таксономиясы эволюциялық жүйемен беріледі және қазіргі таксономиялық жүйесі ескеріледі [6-13]. Негіз ретінде түрді тіршілік ететін биологиялық бірлік деп және өзгеріске ұшырап тұратын биологиялық жүйе ретінде қарастыратын түрдің популяциялық-генетикалық (политипті) концепциясы алынады [14-20]. Өсімдіктерді анықтауда және анықтағыш кілттерді жасауда классикалық морфолого-географиялық әдіс қолданылды [21-22]. Әрбір түр үшін ақпарат ретінде:

– түрдің номенклатурасы;

– түрдің биологиясы (тіршілік формасы, габитус, гүлдеу және жеміс беру кезеңдері);

– экологиясы;

– географиялық таралуы;

– шаруашылық маңызы туралы мағлұматтар берілген.

Бұл жұмыста таксондар мынадай иерархиялық тәртіпте беріледі: Бөлім; Класс; Қатар; Тұқымдас; Туыс; Түр. Атап өтетін бір жайт, осы еңбек тәрізді анықтамалық құралдарда берілетін ақпараттар эволюциялық классификация жүйесі болу керек (Тахтаджян, 1987): «Эволюциялық немесе филогенетикалық жүйелер құру – бүгінгі биологиялық негізгі міндеттердің бірі. Мұндай жүйе, тек эволюциялық-биологиялық тұжырымдардың негізі болып қана қоймай, мейлінше үлкен, қомақты түсіндірмелік және болжам жасайтын мүмкіндігі ғана емес, сонымен қатар өте құнды анықтамалық жүйе болып табылады. Сондықтан, егер классификациялар жүйесінің эволюциялық сипаты мен негізі болмаса, онда оның мәні жоқ, ал оның анықтамалық құрал ретіндегі құндылығы жоқтың қасында деуге толық негіз бар» [15].

Зерттеу нәтижелері

Қазақстан – құрылықтың дәл ортасында орналасқан, негізінен аридты климатты ел. Мұндай жағдайда мүктәрізділер мен балдырларға қарағанда жоғары сатыдағы өсімдіктер басты рөл атқарады. Оның үстіне, жоғары сатыдағы өсімдіктерді және олардың қауымдастығын зерттеудің нәтижесінде ғана, Қазақстанның өсімдіктер дүниесін танып-білудің көптеген теориялық және әдістемелік мәселелері жасалып, шешілді. Бұл жұмыста осының барлығын бірізділік жүйеге келтіріп қолдануға талпыныс бар.

Академик Н.В.Павловтың редакторлығымен жарық көрген 9 томдық іргелі басылым «Флора Казахстана»-ның жарық көргеніне жарты ғасырдан астам уақыт өтті [22, 23]. Одан кейінгі В.П. Голоскоковтың редакторлығымен жарық көрген 2-томдық «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» анықтамалық құралының шыққанына да 40-жылдан астам уақыт өтті [7]. Содан бері талай келелі өзгерістер болды:

– Ең алдымен, дүние жүзінде Кронквист-Тахтаджянның эволюциялық классификациялық жүйесі мойындалып, басшылыққа алынды;

– Систематика мен флористикадағы заманауи түр концепциясы түбегейлі популяциялық-генетикалық сипатқа ие болды;

– Түрдің концепциясынан кейін тарихи-эволюциялық жүйелі құрылым ретіндегі флораның концепциясы да тұрақталды [16, 17, 18, 19, 20];

– Көптеген таксономиялық топтар келелі таксономиялық өңдеулерден өтті;

– Бұрын ғылымда белгісіз көпеген жаңа түрлер ашылып, тіркелді, яғни қазіргі заманғы микроэволюциялық үрдістердің нәтижелері тіркелуде;

– Егемендік алғаннан кейінгі жылдары Қазақстанда биогеографиялық аудандау жобалары

дайындалды. Оның ішінде фитохорологиялық бірліктердің флористикалық жүйесі де бар.

Сондықтан, «Қазақстан флорасын» дайындап, баспадан шығару бүгінгі күннің өте өткір мәселесі болып отыр. Қазақ тіліндегі басқа да кез-келген флористикалық жұмыстар сияқты «Қазақстан өсімдіктерінің анықтағышы» осы үлкен келелі басылымды дайындаудың алғашқы қадамы болып табылады [6, 9-11, 24-27].

Нәтижелерді талдау

Potamogetonaceae Dum. – көпжылдық су өсімдіктері. Жер шарында кең таралған, 100-ге жуық түрі белгілі. Қазақстанның барлық су айдындарында (тоқтау суларда, ағысы баяу тұщы суларда немесе тұзды суларда) кездесетін 21 түрі бар. Бұлардың көпшілігі су астында 2,5-3 метр тереңдікте тоғай құрып өседі, кейде жоғары жапырақтары су бетінде қалқып жүреді. Гүлдері ұсақ, қос жынысты, масақ гүлшоғырына жиналған, негізінен су астында дамиды; протогониялы (гүл аналықтары аталықтарына қарағанда ерте пісіп жетіледі). Көбінесе желмен, кейбір түрлері су арқылы тозаңданады. Маусым-тамыз айларында гүлдеп, жемістенеді. Жемісі жаңғақша немесе сүйекше тәрізді. Шылаңдардың барлық түрі – тұщы су флорасының негізгі құраушылары. Су түбіндегі шылаңдар түзген тоғайларға көптеген балық түрлері уылдырық шашып, майшабақтар тіршілік етеді. Кейбір түрлері ондатрдың, кәмшаттың және су құстарының қорегі болып табылады. Кейде шылаңдар ну тоғайы кеме қатынасына кедергі жасайды.

Берілген мақалада Қазақстанның әртүрлі су қоймаларында кездесетін шылаңдардың туыстық және түрлік анықтағыш кілттері ұсынылып отыр.

Бөлім: Гүлді өсімдіктер – *Magnoliophyta*

Класс: *Liliopsida*

Класс тармағы: *Alismatidae*

Қатар үсті: *Alismatanae*

Қатар: *Potamogetonales* – Шылаңгүлділер – Рдестоцветные

Тұқымдас: Шылаңдар – *Potamogetonaceae* Dum. – Рдестовые

1. Гүлдері жалғыз немесе екеуден жапырақ қолтығында отырмалы, даражынысты, бір үйлі, аналықтары жарғақты жапырақтармен көмкерілген. **3. Занникеллия – *Zannichellia* L. – Занникеллия.**

– Гүлдері масақ тәрізді гүлшоғырын түзеді, қосжынысты, гүл серіксіз ..... 2.

2. Масағы көп гүлді, аталығы 4-у, жемістері отырмалы. **1. Шылаң – *Potamogeton* L. – Рдест.**

– Масағы 2-гүлді, аталығы 2-у; жемістері ұзын сағақты. **2. Руппия – *Ruppia* L. – Руппия.**

1 туыс. Шылаң – *Potamogeton L.* – Рдест

Шылаң көпжылдық су өсімдігі. Шылаңның өркендері немесе бөліктері суда тікелей судың беткі бетінде немесе беткі бетінің астында еркін жүзіп жүреді. Жапырақтары кезекті, сағақты немесе отырмалы, әртүрлі формалы жіп тәріздіден және сызықтыдан сопақ және дөңгелекке дейін, мөлшерлері де әртүрлі. Барлық жапырақтары су асты немесе су бетінде жүзіп жүреді. Гүлшоғыры – сұрғылт-жасыл немесе қоңырқай-жасыл түсті масақ. Гүлдері қосжынысты. Гүл серіктері 4 дөңгелек жақтаулы қалақты, аталықтары 4-у, жіпшесіз. Шілде-тамыз айларында гүлдейді. Гүлдерінің тозаңдануының екі жолы бар: гүлшоғыры су бетіне көтеріліп, гүлдері жел арқылы тозаңданады; гүлшоғыры судың беткі жағында жатады да, гидрофильді және зоофильді болуы мүмкін. Жемісшелері 4 сүйекше тәрізді жақтаудан тұратын сүректі жеміс серікті. Вегетативті және тұқымдары арқылы көбейеді. Тұқымдары құстар және су арқылы таралады.

Шылаңдар космополитті өсімдіктер. Олар жиі қопалар түзіп, бүкіл әлемдегі ақпайтын және баяу ағатын тұщы және тұзды су қоймаларында өседі. Шылаң түрлерінің практикалық маңызы жоқ. Олардың құрамында әк болғандықтан, тыңайтқыш ретінде пайдаланылады. Шылаңдармен су моллюскалары, насекомдар, балықтар қоректенеді. Кейбір түрлері суда жүзетін құстардың, ондатрлардың қорегі болып табылады.

1. Жапырақ тақтасы жіңішке-сызықты немесе жіп тәрізді, сабақты орап жатқан, жоғарғы жағында тілшесі бар, жеткілікті ұзын қынапшасының жоғарғы ұшынан тарамдалады; гүлдері мен гүлшоғыры кеңейген күлтебас түзеді ..... 2.

– Жапырақ тақтасы әртүрлі формалы, барлық уақытта қынапшасыз, немесе жапырақ қолтығындағы тілшесі (қосалқы жапырақшасы) бар қысқа түссіз қынапшаның түбінен тарамдалады; гүлдері және тығыз гүлшоғыры кеңеймеген күлтебас түзеді ..... 5.

2. Жапырақ қынапшасы тұйық, төменгі жағынан қоңыр көмкермемен біріккен, жапырақтары сынғыш ..... 3.

– Жапырақ қынапшасы ашық, ақ көмкермемен түтікке иілген; жапырақтары біршама тығыз, сынғыш емес ..... 4.

3. Жапырақтары өте жіңішке; қылшық тәрізді, ені 0,2-0,3 мм, ұзындығы 5-12 см, үшкір, қатты, 1 жүйкелі; қынапшасының ұзындығы 1,5 см дейін, тек бір бұтақты орап жатады; сабағы түбінен бұтақтанған; гүл сидамдарының ұзындығы 5-10(15) см. Биіктігі 10-30 см көпжылдық өсімдік; V-VII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық жазықтарындағы өзендерде, көлдерде, теңіз шығанақтарында, тұщы және қатты тұзды суларда кездеседі. **1. Жіңішке ш. – *P. filiformis* Pers. – Р. нитевидный.**

– Жапырақтары бірнеше есе жалпақ, ені 1-3 мм, ұзындығы 12-20 см, доғал, 3-5 жүйкелі; қынапшасының ұзындығы 2-3(8) см, аздап үрмелі, қолтығында бұтақтары болмайды; сабағы қарапайым; гүл сидамдарының ұзындығы 3-4 см; Ұзындығы 1-1,5 м көпжылдық өсімдік; VII-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Оңтүстік-шығыс және оңтүстік Қазақстанның таулы және тау алдындағы өзен мен көл суларында кездеседі. **2. Памир ш. – *P. pamiricus Baagoe*. – Р. памирский.**

4. Жапырақтарының ұзындығы 1,5-3 см, бір негізгі және анық көлденең жүйкелі; қынапшасының ұзындығы 8-10 мм; тілшесінің ұзындығы 2-3 мм; жемістері ірі, ұзындығы 4,5-5 мм, арқасы аздап қырлы. Биіктігі 50-100 см көпжылдық өсімдік; VII-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Тұщы көлдерде көбінесе орталық Қазақстанда кездеседі. Эндем. **3. Іріжеміс ш. – *P. macrocarpus* Dobroch. – Р. крупноплодный.**

– Жапырақтары біршама ұзын, ұзындығы 15 см дейін, әдетте 3 жүйкелі, сирек жоғарғысы 1 жүйкелі; қынапшасының ұзындығы 20-50 мм; тілшесінің ұзындығы 10 мм дейін; жемісінің ұзындығы 3,5-4,0(4,5) мм, аздап-дөңес, қырсыз. Ұзындығы 50-100(200) см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық жазықтарындағы теңіз шығанақтарында, өзендерде, көлдерде, тұщы, тұзды суларда кездеседі. Малазықтық, тамақтық өсімдік. **4. Қазоты, тарақбас ш. – *P. pectinatus* L. – Р. гребенчатый.**

5(1). Жапырақтары жіңішке-сызықты немесе қыл тәрізді, ені 4 мм көп емес, суға батып жататын өсімдік ..... 6.

– Жапырақтары жұмыртқа тәрізді, жұмыртқа тәрізді-ланцетті, ланцетті, ені 8 мм көп, суға батып жатады немесе төменгі жағы батып жатса, жоғарғы жағы жүзгіш ..... 11.

6. Жапырақтары өте жіңішке, қыл тәрізді, қою-жасыл, әдетте 1 жуан орталық және 2 аз байқалатын бүйірлік жүйкелі, ұшы үшкірленген, қаттылау. Ұзындығы 50 см дейін көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдейді. Қазақстанның барлық жазықтарындағы кішігірім суларда кездеседі. **5. Нәзік ш. – *P. trichoides* Cham. et Schlecht. – Р. волосовидный.**

– Жапырақтары айтарлықтай жалпақ, жасыл немесе ашық-жасыл, 3-5 анық жүйкелі ..... 7.

7. Сабағы қатты жалпиған, жалпақ, екі қанатты, жасыл, күшті бұтақталған, ені жапырақпен бірдей; жапырағының ені 2-3 мм, доғалдау, ұшында тікенекті, 3-5 біршама жуандау және көп ұсақ жүйкелі; масақшалары 10-15 гүлді, қалың. Ұзындығы 50-200 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанда жазықты солтүстік жартысында тоғандарда, көлдерде, ескі арналарда кездеседі. **6. Жағалық ш. – *P. compressus* L. (*L. zosterifolius* Schum.; *P. acutifolius* Link., p.p.) – Р. сплюснутый.**

– Сабағы цилиндрлі немесе аздап жалпиған, жапырағынан жіңішке; жапырақтары (1) 3-5 жуандау жүйкелі, ұшында айқын емес тікенекті..... 8.

8. Гүл сидамдары ұзындығы бойынша қалың гүлшоғырымен бірдей немесе аздап ұзынырақ; жемістері тік тұмсықшалы, төмпекті; жапырақтарының ені (1)2-3 мм, ұшы доғал, дөңгелектенген, аздап үшкірленген. Ұзындығы 50-100 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық, көбінесе жазықтықтарындағы тоқтау суларда кездеседі. **7. Мұқыл жапырақ ш. – *P. obtusifolius* Mert. et Koch. – Р. туполистный.**

– Гүл сидамдары гүлшоғырының жемістенуі кезінде 2-6 есе ұзынырақ ..... 9.

9. Жапырақтары (1)3 жүйкелі, жіңішке-сызықты, ені 1(1,5) мм көп емес, ұшы доғал, дөңгелектенген немесе аздап үшкірленген, жұмсақтау; тілшесі төменгі жағы тарамдалған, иілген. Ұзындығы 20-70 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық жазықтықтарындағы өзендерде, тоғандарда, қойнауларда, батпақтарда кездеседі. **8. Кіші ш. – *P. pusillus* L. – Р. маленький.**

– Жапырақтары 3-5(7) жүйкелі, сызықты немесе жіңішке-сызықты, айтарлықтай жалпақ, ұшы ұзын үшкірлі немесе біртіндеп үшкірленген, қаттылау; тілшесі жиектерінің түбінен ұласқан, раструб тәрізді ..... 10.

10. Жапырақтары әдетте 5 жүйкелі, сызықты, қысқа үшкірленген; тілшесі жұқалау, ұшы ажыраған; гүл сидамдары жоғары қарай жуандаған; сабағы жалпиған, жіңішке. Ұзындығы 60-120 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның

солтүстік жартысындағы тоғандарда, көлдерде және өзендерде кездеседі. **9. Фрис ш. – *P. friesii* Rupr. – Р. Фриса.**

– Жапырақтары 3 жүйкелі, ортаңғысы анық шығыңқы, бүйірлік жүйкелері әлсіз, жіңішкесызықты; тілшесі тығыз, төменгі жағы ұласқан; гүл сидамдары жіңішке, ұзына бойы жіп тәрізді; сабағы цилиндрлі, жіп тәрізді. Ұзындығы 40 см дейінгі көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдейді. Солтүстік Қазақстанның өзендері мен көлдерінде (Бурабай) кездеседі. **10. Палерма ш. – *P. panormitanus* Biv.-Bern. – Р. палермский.**

11(5). Барлық жапырақтары суға батырылған ..... 12.

– Жоғарғы жапырақтары су бетінде жүзгіш, тығыз, көн тәрізді; төменгілері суға батып тұрады (*P. gramineus* L. кейде жапырақтары бол майды)..... 16.

12. Жапырақтары ланцетті немесе ланцеттісызықты, ені 5-10 мм, отырмалы, ұсақ тісшелі, 3 жүйкелі; гүл сидамдары жуандығы бойынша қабысқан-төрт қырлы сабақпен бірдей; гүлшоғыры қысқа, аз санды; жемістері түбінен ұзын иілген тұмсықшасымен ұласқан. Ұзындығы (15)30-120(400) см көпжылдық өсімдік; V-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық жазықтықтарындағы тоқтау және әлсіз ағын тұщы және тұзды суларда кездеседі. **11. Бұйра ш. – *P. crispus* L. – Р. курчавый.**

– Жапырақтары дөңгелек-эллипстіден ланцет тәріздіге дейін, біршама жалпақ, бүтін жиекті немесе өте жіңішке тісшелі, жүйкелері көп; сабақтары әдетте цилиндрлі; жемістері біршама қысқа тұмсықшалы, бос ..... 13.

13. Жапырақтары отырмалы, сабақты орап тұрады, түбі жүрек тәрізді немесе дөңгелек.... 14.

– Жапырақтары түбінен сына тәрізді, жіңішкерген, отырмалы немесе қысқа, сирек ұзын сағақты ..... 15.

14. Жапырақтары дөңгелек немесе созылыңқы-жұмыртқа тәрізді, жалпақ, түбінен терең-жүрек тәрізді, жиектері кедір-бұдырлы; қосалқы жапырақшалары шамамен 1 см, гүлдену кезінде түспелі; гүлшоғыры қысқа. Ұзындығы 30-100 см көпжылдық өсімдік; V-VII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық жазықтарындағы өзендерде, көлдерде, қойнауларда және ескі арналарда кездеседі. Малазықтық. **12. Орама жапырақ ш. – *P. perfoliatus* L. – Р. стеблеобъемлющий.**

– Жапырақтары созылыңқы-ланцетті, түбінен дөңгелектенген, аздап жүрек тәрізді, бүтін жиекті; қосалқы жапырақшалары үлкен, ұзындығы 6 см дейін; гүлшоғыры ұзын, ұзарған гүл сидамды. Ұзындығы 1-3 м көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның солтүстік жартысындағы өзендерде, көлдерде, ескі арналарда кездеседі. **13. Ұзын ш. – *P. praelongus* Wulf. – Р. удлиненный.**

15. Жапырақтары созылыңқы-сызықты, ені 10-20 мм, ұштары дөңгелек, айқын біз тәрізді ұшының ұзындығы 7 мм дейін, шеттері бүйралы, ұзын (20-50 мм) сағақты. Ұзындығы 30-100 см көпжылдық өсімдік; IX айда жеміс береді. Ертіс өзенінің ескі арналарында кездеседі. **14. Малайя ш. – *P. malaicus* Miq. – Р. малайский.**

– Жапырақтары эллипсті немесе созылыңқы-жұмыртқа тәрізді, ені 25-30 мм, ұшы қысқа, ашық-жасыл, жылтыр, түбінен толқынды, жиектері тісшелері болғандықтан кедір-бұдырлы, қысқа (2-10 мм) сағақты. Ұзындығы 50-200 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық жазықтарындағы өзендерде, көлдерде, ескі арналарда кездеседі. **15. Жылтыр ш. – *P. lucens* L. – Р. блестящий.**

16(11). Барлық жапырақтары жүзгіш, ұзын сағақты, тығыз, көн тәрізді ..... 17.

– Жүзгіш жапырақтары қысқа сағақты, әдетте жапырақ тақтасынан ұзын емес, аздап тығыз, жұқа көн тәрізді; суға батқан жапырақтары отырмалы ..... 18.

17. Жүзгіш жапырақтары түбінен терең емес жүрек тәрізді, су асты жапырақтары ланцетті, әлсіз түссіз; гүл сидамдары жоғары қарай жуандамаған. Ұзындығы 50-150 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық тоқтау және баяу ағын суларында, кейде тауларда да кездеседі. Малазықтық, тамақтық. **16. Жүзгіш ш. – *P. natans* L. -Р. плавающий.**

– Жүзгіш жапырақтары түбінен сына тәрізді жіңішкерген, жалпақ, тығыз, су асты жапырақтары жіңішкерген-ланцетті, қысқа сағақты, түссіз, гүлдену кезінде жиі бүлдіргіш; гүл сидамдары жоғары қарай жуандаған. Ұзындығы 1-3 м көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстан жазықтарындағы өзендері мен көлдерінде кездеседі. **17. Түйінді ш. – *P. nodosus* Poir. – Р. узловатый.**

18. Сабақтары әдетте бұтақтанбаған, жуандамаған; жүзгіш жапырақтары қалақты-кері-жұмыртқа тәрізді, қысқа сағаққа жіңішкерген, көн тәрізді, су асты жапырақтары ланцетті, екеулерінің де ұштары жіңішкерген, доғалдау; гүлшоғыры қалың, әдетте гүл сидамынан 2 есе қысқа. Ұзындығы 30-60 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстан

жазықтарындағы өзендері мен көлдерінде кездеседі. **18. Альпа ш. – *P. alpinus* Balb. – Р. альпийский.**

– Сабақтары бұтақты, жоғары қарай жуандаған; жүзгіш жапырақтары ланцетті немесе жұмыртқа тәрізді, ұзын сағақты, түбінен дөңгелек, жұқа терілі, немесе жоқ, су асты жапырақтары сызықты-ланцетті, түбінен жіңішкерген, ұшы үшкірленбеген, үшкір, немесе емес; гүлшоғыры ұзын емес, гүл сидамдары жақын. Ұзындығы 30-200 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Жазықты сирек таулы Қазақстанның өзендерінде, тоғандарында, старицаларында кездеседі. **19. Ала жапырақ ш. – *P. gramineus* L. (P. heterophyllus Schreb.) – Р. злаковый.**

2 туыс. Руппия – *Ruppia* L. – Руппия

Руппия (лат. *Ruppia*) көпжылдық шөптесін өсімдік. Туыстың ғылыми латын атауы неміс ботанигі Генрих Бернард Руппаның құрметіне берілген (1688-1719). Руппиялар екі жарты шардың да тропикадан тыс облыстарында, сирек тропиктердің таулы аудандарда таралған. Руппия әдетте үлкен қауымды су өсімдігі. Олар тек тұздылығы әртүрлі дәрежелі тұзданған су қоймаларында тіршілік етеді. Сондай-ақ биік тауларда (мысалы, Анд тауында теңіз деңгейінен 4000 м биіктікте) егер онда тұзды көл болса кездеседі. Руппияның жеке түрлері өздерінің экологиясы бойынша ерекшеленеді. Руппиялар толық суға батырылған, буындарынан өте ұзын тамыр түктері тарамдалмаған тамырлар кететін, айтарлықтай ұзын және жіңішке жатаған тамырсабақты көпжылдық өсімдік. Кейде руппияның кейбір түрлері еркін жүзіп өсіп, гүлдеп және жеміс береді, қосалқы тамырларының көмегімен су қоймасының түбіне бекінеді. Жапырақтары жіңішке сызықты, кейде жіп тәрізді, отырмалы, әдетте бір нашар жүйкелі. Төменгі бөлігіндегі қосалқы жапырақшалары сабақты орап тұрады, бірақ тұйықталған қынапша түзбейді. Сабақтарындағы жапырақтары әдетте кезектесіп орналасады, тек ұштарында аздап біршама үрмелі қынапшалы бір немесе екі жұпты супротивті немесе дерлік супротивті жапырақты. Гүлшоғыры алдымен өркеннің екі жоғарғы жапырақтарының біреуінің кеңейген қынапшасымен аяқталады. Сосын гүлшоғырының аяқшасы тез ұзарып, кейбір түрлерінде, мысалы, *Ruppia cirrhosa*, өте ұзын болып өсіп, спираль тәрізді бұралады. Қазіргі кезде бұл туыстың барлық түрлеріне гидрофилиялық тән, сондай-ақ гүлдері су бетіне көтерілгенде жел арқылы тозаңданады. Руппия жемісшелерін қорек ретінде пайдаланатын балықтар мен құстар таратады. Руппия сондай-ақ тамырлануға қабілетті, тамырсабағы мен жүзгіш өркендері арқылы вегетативті көбейеді. Пісіп-жетілген жемісшелері әдетте аналық өркендерінде ұзақ сақталып, жел және су ағыны арқылы үлкен қашықтықтарға дейін жылжып отырады.

1. Гүл сидамдары жемістенгенде қатты ұзарады, спиральды бұралған, ұзындығы 10-50 см дейін. Ұзындығы 40-50(200) см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстан жазықтарындағы сулы-құмды грунттардағы теңіз шығанақтарында, тұзды сулы көлдерде кездеседі. **1. Спираль р. – *R. spiralis* L. – Р. спиральная.**

– Гүл сидамдары қысқа, ұзындығы 1-4 см, жемістенгенде ұзармайды және бұралмайды. Ұзындығы 20-40 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдеп, жеміс береді. Қазақстанның барлық көбінесе жазықтарындағы теңіз шығанақтарында, тұзды сулы көлдерде кездеседі. **2. Теңіз р. – *R. maritima* L. – Р. морская.**

3 туыс. Занникеллия – *Zannichellia* L. – Занникеллия

Өзінің сиректігіне, маңызы аздығына байланысты занникеллия туысының арнайы орысша-қазақша атауы жоқ. Қазақстанның барлық жазықтарындағы тұщы және тұзды сулы теңіз шығанақтарында, өзендер мен көлдерде кездеседі. Көптеген су өсімдіктері сияқты занникеллия да сабақтарымен және тамырлары арқылы вегетативті көбейеді. Өзінің тіршілік циклын тұқым түзумен аяқтайды, яғни бұл өсімдік біржылдық және көпжылдық өсімдік ретінде тіршілік етеді.

1. Бағанасы қысқа, жеміс ұзындығынан ¼ қысқа; жапырақтары жіңішке, көбінесе сабағы сияқты жіп тәрізді, ашық-жасыл. Ұзындығы 10 см дейін көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдейді. Қазақстанның барлық жазықтарындағы тұщы және иұзды сулы теңіз шығанақтарында, өзендер мен көлдерде кездеседі. **1. Батпақ з. – *Z. palustris* L. – З. болотная.**

– Бағанасы жемісінің ұзындығына ½ тең немесе бірнеше есе ұзын ..... 2.

2. Жемістерінің ұзындығы 2 мм көп емес, ұзын сағақты; сабағы жатаған, өте жіңішке, тамырланғыш немесе жүзгіш. Ұзындығы 10-30 см көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдейді. Барлық әдетте жазықты Қазақстанның теңіз шығанақтарында, өзендері мен көлдерінде кездеседі. **2. Сабақты з. – *Z. pedunculata* Reichb. – З. стебельчатая.**

– Жемістерінің ұзындығы 2,5-3,5 мм, отырмалы немесе дерлік отырмалы; сабағы мықты, жүзгіш. Ұзындығы 50 см дейін көпжылдық өсімдік; VI-VIII айларда гүлдейді. Батыс және оңтүстік-батыс жазық Қазақстанның тұщы және тұзды улы теңіз шығанақтарында кездеседі. **3. Үлкен з. – *Z. major* Boenn. – З. большая.**

Қорытынды

Жоғарыда берілген шыланДар (*Potamogetonaceae* Dum.) тұқымдасының туыстық және түрлік анықтағыш кілттері «Биология», «Геоботаника» мамандықтарының студенттері мен магистранттарына арналған «Ботаникадан арнайы практикум», «Арнайы практикум», «Көлемді практикум» атты сабақтар үшін өте қажет. Өйткені өсімдіктердің тұқымдастарын, туыстарын, түрлерін анықтауда 1956-1966 жж. 9 томдық «Флора Казахстана», 1969-1972 жж. 2 томдық «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» қолдану қазақ тілінде оқитын студенттер үшін ауыр екені рас. Сондықтан бұл жарияланып отырған мақаладағы анықтағыш кілттер өсімдіктерді анықтауда біршама жеңілдіктер туғызары сөзсіз.

Әдебиеттер

1 Свириденко БФ (2000) Флора и растительность водоёмов Северного Казахстана. Омск, 196.

2 Цвелёв НН (2000) Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб., Издательство СПХВА, 781.

3 Кашина ЛИ (1986) Заметки о рдестах и альтении в Сибири. Новое о флоре Сибири. Новосибирск, 242-247.

4 Волобаев ПА (1991) О двух таксонах рода Potamogeton L. из Сибири. Сиб. биол. журн. Вып. 5., 75-76.

5 Волобаев ПА (1993) О двух таксонах рода Potamogeton L. из Сибири II. Potamogeton chakassiensis. (Kaschina) Volob. Сиб. биол. журн. Вып. 3. 51-59.

6 Флора Казахстана. (1956) Алма-Ата, Наука, Том 1. 112-334.

7 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. (1969-1972) Алма-Ата: Наука, Т.1-2. 54-129; 473-478.

8 Абдулина СА (1999). Список сосудистых растений Казахстана. Под.ред. РВ Камелина. Алматы, 187.

9 Байтенов МС (2001) Флора Казахстана. Алматы:Ғылым. Т.2., 279. ISBN 9965-07-036-9

10 Флора СССР. (1934). Гл.ред.акад. ВЛ Комаров. Ред. 2 тома РЮ Рожевиц и БК Шишкин. Л., Т. 2., 772.

11 Определитель растений Средней Азии. (1968) Ташкент: ФАН, Т. 1., 560.

12 Арыстанғалиев СА, Рамазанов ЕР (1977) Қазақстан өсімдіктері. Алма-Ата, 21-38.

13 Арыстанғалиев СА (2002) Қазақстан өсімдіктерінің қазақша-орысша-латынша атаулар сөздігі. Алматы: Сөздік-Словарь, 288.

14 Вавилов НИ (1931-1932). Линнеевский вид как система. М.-Л. «Наука». Лен. отд., 560.

15 Тахтаджян АЛ (1987) Система магнолиофитов. Л., «Наука». Лен. отд., 430.

16 Байтулин ИО (1987). Перспективы развития ботанических исследований в Казахстане. Флора и растительность Северного и Западного Казахстана: (Перспективы использования). Алма-Ата, 3-16.

17 Юрцев А (1987) Предисловие. Теоретические и методические проблемы флористики. Л. «Наука». Лен. отд., 3-10.

18 Камелин РВ (1973) Флорогенетический анализ естественной флоры Горно Средней Азии. М., Наука. 673.

19 Камелин РВ (1987) Процесс эволюции растений в природе и некоторые проблемы флористики. Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Л., «Наука». Лен. отд., 36-42.

20 Аралбаев НК (1997) Флора Зайсанской котловины, её анализ и генезис. Алматы, 73.

21 Комаров ВЛ (1934) Флора СССР. Т.1. М.-Л., «Наука». Лен. отд., 1-12.

22 Павлов НВ (1959) Принципы составление «Флоры». Сокращения и обозначения. Флора Казахстана. Т.1., 30-32.

23 Павлов НВ (1966). Алфавитный указатель казахских названий, помещенных в I-IX томах «Флора Казахстана». Флора Казахстана. Алма-Ата, Т.9., 635-639.

24 Скворцов АК (1977) Гербарий. Пособие по методике и технике. М.: Наука, 198.

25 Қалиев Б (1993) Өсімдіктер атаулары орысша қазақша сөздік. Алматы, 102.

26 Черепанов СК (1981) Сосудистые растения СССР. Л: «Наука». Лен. отд., 322-394.

27 Черепанов СК (1985) Сосудистые растения России и сопредельных государств. Л., «Наука». Лен. отд., 387.

References

1 Sviridenko BF (2000) Flora and vegetation of water bodies in Northern Kazakhstan [Flora i rastitelnost vodoemov Severnogo Kazakhstana] Omsk, 196. (In Russian)

2 Tsvelëv NN (2000) The vascular plants of Northwest Russia [Opredelitel sosudistych rastenii Severo-Zapadnoi Rossii] (Leningrad, Pskov and Novgorod district). [Leningradskaya, Pskovskaya i Novgorodskaya oblasti] SPb., Publisher SPHFA. 781. (In Russian)

3 Kashina LI (1986) Notes on the pondweed and Altena in Siberia [Zametki o rdestach i altenii v Sibiri] The new flora of Siberia [Novoe o flore Sibiri]. Novosibirsk, 242-247. (In Russian)

4 Volobaev PA (1991) About two taxa of the genus Potamogeton L. in Siberia. Sib. biol. Zh. Vol. 5. 75-76. (In Russian)

5 Volobaev PA (1993) About two taxa of the genus Potamogeton L. in Siberia II. Potamogeton chakassiensis. (Kaschina) Volob. Sib. biol. Zh. Vol. 3. 51-59. (In Russian)

6 Flora of Kazakhstan. (1956) [Flora Kazakhstana] Alma-Ata, Nauka, Volume 1, 112-334. (In Russian)

7 Illustrated manual of the plant in Kazakhstan. [Illustrirovannyi opredelitel rastenii Kazakhstana] (1969-1972) Alma-Ata: Science, T.1-2. from. p. 54-129; from. p. 473-478. (In Russian)

8 Abdullina SA (1999) List of vascular plants in Kazakhstan [Spisok sosudistych rastenii Kazakhstana]. Under.ed. RV Kamelina. Almaty, 187. (In Russian)

9 Baitenov MS (2001) Flora of Kazakhstan Almaty [Flora Kazakhstana] Science, T. 2., 279. (In Russian) ISBN 9965-07-036-9

10 Flora of the USSR [Flora SSSR] (1934) Chief.ed.acad. VL Komarov. Ed.2 vol. RY Rozhevits and BK Shishkin. L., T. 2, 772. (In Russian)

11 Manual of plants of of Central Asia [Opredelitel rastenii Srednei Azii] (1968) Tashkent: FAN, Volume 1, 560. (In Russian)

12 Arystangaliev SA, Ramazanov ER (1977) Plants Kazakhstan [Plants Kazakhstan] Almaty, 21-38. (In Kazakh)

13 Arystangaliev SA (2002) Dictionary Kazakh-Russian-Latin names of plants in Kazakhstan. [Slovar kazaksko-russko-latinskie nazvania rastenii Kazakhsata] Almaty Dictionary. 288. (In Kazakh)

14 Vavilov NI (1931-1932) Linnaean species as a system [Linneevskii vid kak sistema] M.-L. Science, Leningrad Department, 560. (In Russian)

15 Takhtadzhyan AL (1987) Magnoliofitov system [Sistema magnoliofitov] L., Science, Leningrad Department 630. (In Russian)

16 Baytulin IO (1987) Prospects for the development of botanical research in Kazakhstan [Perspektivy razvitia botanicheskih issledovanii v Kazakhstane] Flora and vegetation of the Northern and Western Kazakhstan [Flora i rastitelnost Severnogo i Zapadnogo Kazakhstana]: (Use Outlook) Alma-Ata, 3-16. (In Russian)

17 Yurtsev A (1987) Introduction. Theoretical and methodological problems of floristry [Predislovie. Teoreticheskie i metodicheskie problemy floristiki] L., 3-10. (In Russian)

18 Kamelin RV (1973) Florogeneticheskу analysis of the natural flora of Central Asia Mining [Florogeneticheski analiz estestvennoi flory Gorno Srednei Azii] M. Science (In Russian)

19 Kamelin RV (1987) The process of the evolution of plants in nature and some of the problems floristry Theoretical and methodological problems compare. floristry [Process evolucii rastenii v prirode I nekotorye problem floristiki. Teoreticheskie I metodicheskie problem sravnitelnoi floristiki] L., 36-42. (In Russian)

20 Aralbaev NK (1997) Flora Zaisan Depression, its analysis and genesis [Flora Zaisanskoi kotloviny, ee analiz I genezis] Almaty, 73 (In Russian)

21 Komarov VL (1934) Flora of the USSR. [Flora SSSR] T.1. M.-L., 1-12. (In Russian)

22 Pavlov NV (1959) Basis of preparation «Flora.» Abbreviations and symbols. [Principy sostavlenie «Flory». Sokrashenia i oboznachenia] Flora of Kazakhstan. T.1. P.30-32. (In Russian)

23 Pavlov NV (1966) Index Kazakh names placed in I-IX volumes of «Flora of Kazakhstan» [Alfavitnyi ukazatel kazahskih nazvanii pomeshennyh v I-IX tomah] Flora of Kazakhstan. Alma-Ata, T.9. P. 635-639. (In Russian)

24 Skvortsov AK (1977) Herbarium. Manual methods and tehnike. [Gerbarii. Posobie po metodike I technike] M.: Nauka, 198. (In Russian)

25 Kaliev B (1993) Russian Kazakh Dictionary names of plants [Russko kazakhski slovar nazvanii rastenii] Almaty., 102. (In Kazakh)

26 Cherepanov SK (1981) Vascular plants of the Soviet Union [Sosudistye rastenii SSSR] A.: «Science». Linen. Dep., 322-394. (In Russian)

27 Cherepanov SK (1985) Vascular plants of Russia and neighboring countries [Sosudistye rastenia Rossii i sopredelnych gosudarstv] L., Science, 578 (In Russian)

2-бөлім

ӨСІМДІКТЕР ФИЗИОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ БИОХИМИЯСЫ

Раздел 2

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

Section 2

PLANTS PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

Zhumabaeva B.A.,
Djangalina E.D., Aytasheva Z.G.,
Lebedeva L.P., Dauletbaeva S.B.

Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty

Activities of protein components in bean seeds of kazakhstan, russian and other accessions

Common bean specimens (Phaseolus vulgaris L.) of Kazakhstan, Russian and other foreign collections have been studied for protein content, lectin and proteinase inhibitor activities. All studied specimens have revealed high protein content (23.2% -30.8%) and lectin activity with its relation to particular genotype and origin. In course of the study on the lectin activity, a wide range of variations for this parameter has been found for twelve bean specimens. The maximum difference between the specimens has reached 17.5 mg / mL with highest values of 38.3 and 55.8 mg/mL. Two varieties, "Jubileynaya White" and "Zhuravushka" of Russian selection, one local variety "Assol" and "The Iranian" of Iranian selection have indicated the most expressed lectin activities. Trypsin inhibitor activity has appeared to be approximately twice higher than that of the chymotrypsin, and the highest inhibitor activity of trypsin and chymotrypsin has been detected in the samples with the highest lectin activities. Apart from investigating protein components activity, promising specimens have been identified by testing the highest proteins content, lectin and proteinase inhibitor activities which may serve as powerful sources of bean protein components with reference of their effects on different cell models, to develop biotechnological approaches for extraction and application to agriculture.

Key words: Phaseolus vulgaris L., lectins, proteinase inhibitors, plant protection.

Жумабаева Б.А.,
Джангалина Э.Д., Айташева З.Г.,
Лебедева Л.П., Даулетбаева С.Б.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университеті, Қазақстан, Алматы

Қазақстандық, ресейлік және шетел селекциясының кәдімгі үрмебұршақ (*Phaseolus vulgaris* L.) сорт үлгілерінің белоктық компонентінің белсенділігі

Ақуыз, лектин белсенділігі және протеиназа ингибиторларының мөлшері бойынша қазақстандық, ресейлік және шетел селекциясының кәдімгі үрмебұршақ (Phaseolus vulgaris L.) сорт үлгілерінің салыстырмалы талдауы жүргізілді. Барлық зерттелген сорт үлгілері белоктың және лектиндік белсенділіктің жоғары мөлшерімен ерекшеленді, сонымен бірге бұл параметр сорт үлгілердің генотип ерекшелігіне және шығу тегіне байланысты. Лектиндік белсенділігін зерттеу кезінде осы көрсеткіштің кең диапозонда өзгеретіні анықталды. Сорттар арасындағы максималды айырмашылық 17,5 мг/мл, белгінің максимальды шегі 38,3 и 55,8 мг/мл аралығында болды. Трипсин ингибиторларының белсенділігі химотрипсин белсенділігіне қарағанда екі есе жоғары болды, сонымен қоса трипсин және химотрипсин ингибиторларының жоғары белсенділігі лектиннің мөлшері жоғары сорттарда байқалды. Белокты компоненттердің белсенділігін зерттеу негізінде белок, лектин және протеиназа ингибиторларының мөлшері жоғары перспективті сорт үлгілері алынды, олар үрмебұршақтың өнімділігі жоғары және ауруларға тұрақты формаларын алуда бастапқы бағалы материал бола алады.

Түйін сөздер: Phaseolus vulgaris., лектиндер, протеиназ ингибиторлармы, трипсин, өсімдікті қорғау.

Жумабаева Б.А.,
Джангалина Э.Д., Айташева З.Г.,
Лебедева Л.П., Даулетбаева С.Б.

Казахский национальный университет
им. аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Активность белкового компонента семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris L.*) казахстанской, российской и зарубежной селекции

Проведено сравнительное изучение сортообразцов фасоли обыкновенной (Phaseolus vulgaris L.) казахстанской, российской и зарубежной селекции по содержанию белков, активности лектинов и ингибиторов протеиназ. Все изученные сортообразцы отличались высоким содержанием белка и лектиновой активностью, которое зависело от особенностей генотипа и происхождения. При изучении активности лектинов установлен широкий диапазон варьирования данного показателя. Максимальные различия между образцами достигали 17,5 мг/мл при крайних значениях признака 38,3 и 55,8 мг/мл. Активность ингибиторов трипсина была примерно в два раза выше, чем химотрипсина, причем наибольшая активностью ингибиторов трипсинов и химотрипсинов отмечена для образцов с наибольшей активностью лектинов. На основе изучения активности белковых компонентов выделены перспективные образцы с наибольшим содержанием белка, активностью лектинов и ингибиторов протеиназ, которые могут служить ценным исходным материалом для получения высокопродуктивных и устойчивых к заболеваниям форм фасоли.

Ключевые слова: Phaseolus vulgaris L., лектины, ингибиторы протеиназ, трипсин, защита растений.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

UDC 581.1

Zhumabaeva B.A., *Djangalina E.D., Aytasheva Z.G., Lebedeva L.P., Dauletbaeva S.B.

Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty
*E-mail: Erika.Dzhangalina@kaznu.kz

ACTIVITIES OF PROTEIN COMPONENTS IN BEAN SEEDS OF KAZAKHSTAN, RUSSIAN AND OTHER ACCESSIONS

Introduction

A holistic approach to plant protection issues and increasing level of environmental safety has become one of the most extensively developing areas of modern agriculture. With this respect, development of herbal medications for agriculture and medicine based on various protein components looks quite relevant. The Republic of Kazakhstan has a growing market potential for the effective application of biological products in agriculture, livestock breeding, oil and gas sector, and etc. However, Kazakhstan today has no large-scale production of biological products, and current needs are satisfied by importing such products from abroad. A range of microbiological preparations have successfully been implied for the needs of industry, agriculture, livestock breeding and environmental protection. At the same time, development of phytogenic preparations does not meet modern requirements. The use of herbal medications in combination with modern farming techniques would pave way to better use of not only soil potential but also proper implication of biological potential of plants.

Beans does not belong to traditional crops of Kazakhstan, though since recently the demand in beans has been registered to increase year by year. Along with proteins possessing nutritional value, legumes contain antinutrient compounds that are also belong to proteins, including, in particular, lectins and enzymes such as glucanase, chitinase, proteinase inhibitors and α-amylase which play a significant part in plant disease resistance and abiotic stress factors.

Two last decades have shown a great progress in the study on plant lectin activity against pathogens, specifically nematodes and insects [1, 2].

Proteolytic enzymes carry out a range of physiological functions in living organism, starting from the digestion of dietary protein and seed stored proteins to the series of specific regulatory processes. Important evidence in favour of active role of inhibitors for proteolytic enzymes in plant defense against insects may be observed in the studies revealing the induction of these proteins synthesis in response to the damage of plant tissue intactness. The systemic response to desintegration of a plant tissue is manifested by the onset of the synthesis of specific inhibitors in plants of

different genera [3, 4]. For example, out of three forms of soybean cystatin (*Glycine max L.*), only one (L1) appeared to be constituent, while two others (N2 and R1) were detected in response to wounding or under methyl treatment being absent in intact, unaffected plant [5].

Searches for effective insect proteinase inhibitors are in progress being undertaken in different directions. It is known that many of peptide precursors (propeptides), released at the activation of proteinase zymogens, are able to serve as highly effective inhibitors of mature enzyme molecules. Inhibitors of proteolytic enzymes may play significant part in plant protection, against insects as other pests. Various nematodes invading plants cause usually significant damage of agricultural production in Kazakhstan [6]. Protective role of plant inhibitors could stretch out to a range of pests. As in the case with insects and other pests, plant proteinase inhibitors are able to inhibit enzymatic activity of pathogeneous microorganisms.

Hence, there is a great need to study new sources of lectins and proteinase inhibitors for expansion of researches in the field of agricultural biotechnology and plant protection products. Hence, the aim of present work is to classify bean specimen by the content of protein components and identify new sources of lectins and proteinase inhibitors for the development a new generation of biological products on this basis.

Materials and methods

The study was carried out using common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars of Kazakhstan and foreign collections which were available at the the Department of Molecular Biology and Genetics, al-Farabi Kazakh National University. 12 varieties, and namely: «Aktatti», «Assol», «Biychanka», «Zhuravushka», «Pearl», «Iran», «Kamelia», «Red Goya», «Pinto», «Ufa», «Fatima», and «Jubilee White» harvested under crop rotation in the mountain and steppe (plain) zones of Almaty region have been used for investigation. The climate of the Almaty region is sharply continental with average January temperatures of -15 ° C on the plains and – 6…- 8 °C in the foothills, and average July temperatures of + 16 ° C and + 24… + 25 ° C, respectively. The annual precipitations comprise up to 300 mm in the steppe zone, and from 500-700 to 1,000 mm in the mountains. Vegetation season lasts 70-225 days in the foothills and on the plain.

The protein content was determined by a Kjeldahl method [7]. In the seeds rough protein along with total content of soluble proteins in 0.2% NaOH solution have been detected.

To determine lectin activity, the extracts were obtained by homogenization of 2 g plant tissue in 6 ml of 0.9% Na-phosphate buffer. Lectin activity has been determined by common techniques of the reaction of hemagglutination [8].

Evaluation of lectin activity was performed by the hemagglutination reaction with lectins in rabbit or rat blood. Erythrocytes were isolated by washing the blood five times with 0.2M sodium chloride. The extent of lectin activity was assessed either visually or by measuring the lectin titre. The reaction was conducted at room temperature and measured in 2 hours after the onset of titration. Phytohemagglutinating activity of lectins was expressed as the value opposite to minimal protein concentration at which the hemagglutination was observeable [mg / ml] $^{-1.}$

The activity of proteinase inhibitors was determined spectrophotometrically at 280 nm by measuring cleaved products of protein substrate treated by the enzymes (trypsin and chymotrypsin) [9, 10]). Addition of inhibitors binding and thus converting trypsin or chymotrypsin into inactive complexes, is accompanied by reduced extinction. Optical density was measured by using a multichannel «Benchmark Microplate Reader» spectrophotometer (BioRad, USA). All solutions were stored at +4°C for not longer than a fortnight. Substances under investigation were extracted with distilled water at the ratio of 1: 4 000 at +4°C overnight. Then the extract was centrifuged. Trypsin/chymotrypsin activities were detected at 25^0C in the resulting supernatant.

The activity of trypsin inhibitor (mg / g) was calculated by using the formula:

$$ATI = \frac{CTR \times (\Delta ETP - \Delta EOP) \times VTR \times K_{EXTR} \times K_{DEL}}{V_{INH} \times \Delta E_{TS}},$$

where ATI is the activity of trypsin inhibitor, mg / g of protein; $C_{TR,}$ the trypsin concentration, mg; $V_{TR,}$ the volume of trypsin solution, mL; $V_{ING,}$ the volume of TI solution, mL; $K_{EXTR,}$ the ratio of the extract volume to the weight of plant tissue; $K_{DEL,}$ the dilution index of TI solution; $\Delta E_{TEST,}$ the extinction of test sample; and $\Delta E_{TS,}$ the extinction of trypsin solution. The quantity of trypsin inhibitors able to supress 1 unit of the trypsin activity, was counted as the unit of the trypsin inhibitor activity. The experiment was carried out in three replicas. Chymotrypsin inhibitor activity was calculated using similar approach. The content of the trypsin (or the chymotrypsin) inhibi-

tors was expressed in milligrams of related inactivated enzyme (trypsin or chymotrypsin) per 1 g of the flour.

All the experiments were conducted in triplicates. The outputs obtained have been statistically processed to be presented in the figures as average arithmetic meanings with standard errors.

Results

Common bean is distinguished as rich vegetable crop supplied by highly digestible protein which is valuable by its abundant amino acid composition. According to a number of the authors, seeds of common bean may preserve in average 20-30% of protein. However, the content and the quality of seed protein in beans was shown to be significantly depending on the genotype [11, 12].

Comparative study on bean specimens of Kazakhstan and foreign breeding indicates their variation in protein content ranging from 23.2% to 30.8% in different accessions. Maximum concentration was observed in such specimens as Iranian (30.8%, foreign selection) and «Zhuravushka» (30.7%, Russian selection). The lowest content was found out in the «Red Goya» (23.2%, foreign selection) and «Fatima» (23.4%, Russian selection). Kazakhstan specimens «Aktatti»and «Assol» have been shown to take intermediate place. (Table 1).

Table 1 – Protein content in bean seeds (percentage to dry weight)

#	Specimen	Originating country	Protein content,%	
			Total,%	Albumin-Globullin fraction,%
1	«Aktatti»	Kazakhstan	29.9±0.3	76.2±0.9
2	«Assol»	Russia	28.7±0.5	76.6±0.8
3	«Biychanka»	Russia	25.6±0.3	80.5±1.0
4	«Zhemchuzhina»	Russia	25.6±0.4	78.5±0.8
5	«Zhuravushka»	Russia	30.7±0.5	73.6±0.8
6	«Iranian»	Iran	30.8±0.5	77.2±0.9
7	«Camellia»	USA	26.6±0.7	77.8±0.8
8	«Pinto»	USA	26.4±0.3	79.8±0.9
9	«Red Goya»	USA	23.2±0.4	82.3±0.9
10	«Ufa»	Russia	28.2±0.5	78.7±0.9
11	«Fatima»	Russia	23.4±0.4	77.3±0.9
12	«Jubilee White»	Russia	28.2±0.6	76.7±0.9

Bean proteins consist mainly of globullins and albumins, which are considered to be more valuable by their amino acid composition. Lighter solubility in water and neutral salt solutions predicts greater digestibility and, accordingly, higher biological and nutritional value of these legume proteins. By applying the consequent extraction method, it has been shown that the albumin-globullin fraction dominated in the seeds of all the bean varieties and lines studied to make up 76.2-82.3%. Samples with a maximum content of albumin and globullins have been identified among foreign-bred varieties: «Red Goya» (82.3%) and «Biychanka» (80.5%). Minor content has been attributed to «Aktatti» (76.2%), «Zhuravushka», and «Assol» (76.6%) varieties.

It is known that plants producing seeds abundant in energy deposits normally accumulate significant amounts of antinutritional agents, i.g. lectins, proteinase inhibitors and etc. This is applied to different phabaceous crops, and particularly beans. With this regard, the next stage of current study has been to assess the lectin activity of bean specimens. The intensity of the hemagglutination reaction depends on reaction conditions. That is why it is

necessary to count the origin of erythrocytes and procedures of their treatment. In the first series of experiments, visual evaluation of the lectin activity was undertaken by implying the hemagglutination reaction with blood from rabbits and rats. Visual grading of agglutinating effect allows quick, impartial and quite precise determination of the hemagglutination intensity.

Our experiments have established that the hemagglutination intensity might decrease in case of using the rabbit erythrocyte suspension instead of that from rat blood. The hemagglutination reaction with rabbit erythrocytes has slowered 1.5-2 times when compared with rat erythrocytes, and the intensity did not exceed 5 points for all of the sample common beans tested.

At the same time in rat erythrocyte testing system, agglutinating activity was rather high in all specimens to vary, depending on the genotype, from 10 to 13 points. The agglutinating activity has been shown to reach 13 points for the «Jubilee White» and «Zhuravushka» varieties, 12 points for the «Zhemchuzhina» variety, and 10 points for the Ufa and «Biychanka» varieties. Also, hemagglutination reaction in the «Zhuravushka» specimen has been noticed to start 2-3 min earlier, if compared with other specimens revealing relatively high lectin activity.

Further studies on hemagglutinating activity were carried out by measuring the titre of lectins exclusively in rat blood cells. These experiments have revealed that all of the samples investigated possessed quite high lectin titre in range of 38.3 – 55.8 mg / ml $^{-1}$, independent of the bean origin. At the same time, the degree of variation in lectin activity among the specimens of the Russian collection have been noted to be higher than that of the samples from Kazakhstan and other countries. Highest variation in these characters have achieved 17.5 mg / mL for the Russian specimens, 3.0 mg / ml for domestic specimens, and 7.2 mg / ml for other foreign accessions. Three bean varieties, «Jubilee White», «Zhuravushka» and «Assol», have been shown to possess the highest values of the lectin titre reaching 55.8, 52.4 and 50.7 mg / ml $^{-1}$, respectively (Fig. 1).

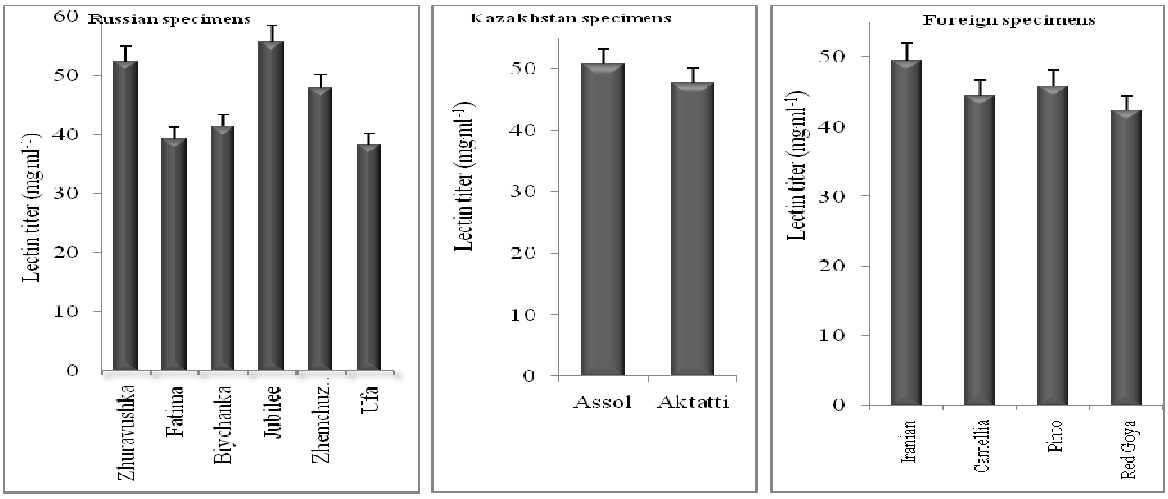
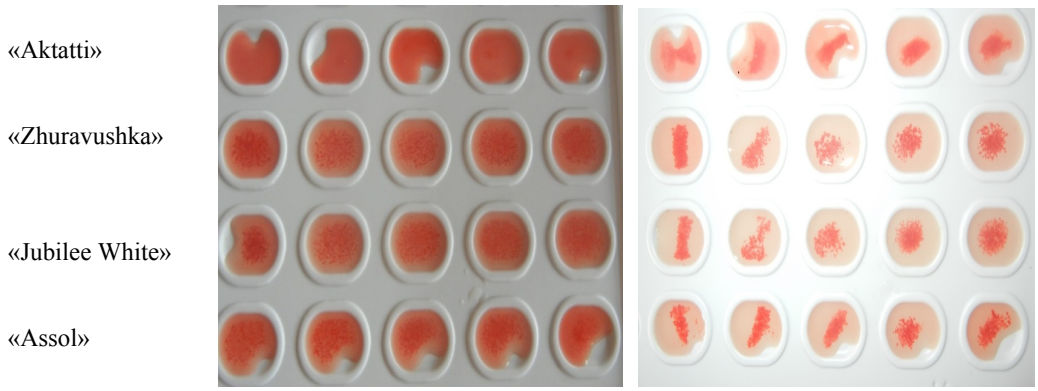


Figure 1 – Hemagglutinating activity of bean seed lectins

«Fatima» and «Ufa» varieties have shown rather low lectin agglutinating activities of 39.2 mg / ml $^{-1}$ and 38. 3 mg / ml $^{-1}$, respectively. By analyzing these genotypes it has been determined that they are differentiating in lectin activity. Most promising specimens have been revealed to be «Jubilee White» and «Zhuravushka» from Russian specimens, the «Assol» variety from Kazakhstan specimens, and «The Iranian» out of the number of other external specimens. No correlation between the protein content and lectin activity has been identified. The correlation index has been estimated to range from r = -0.3 to r = 0.6.

In the figure we can see the reaction of hemagglutination of four different species.



A – Start B – After 30 minutes

Figure 2 – The reaction of hemagglutination

In our experiments, the activity of trypsin and chymotrypsin inhibitors in different bean specimens has been determined. The activity of trypsin inhibitors (ATI) has been shown to be approximately 2-2.2 times greater than that of chymotrypsin (ACI). The ATI of Russian varieties has been detected to vary from 2.5 mg / g to nearly 5.5 mg / g, whereas ACI has ranged from 1.9 mg / g to almost 3.3 mg / g (Figure 3).

Lectin proteins are located in different plant organs, including shoots, roots, tubers, bulbs, nodules and generative organs [13]. Its amount and place in plant can be changed in a wide range. Also activity of these proteins depends on different factors (biotic and abiotic). In connection with this information almost all parts of the plants were checked. The highest activity in all species was determined in seeds. «Aktatti» has demonstrated hemagglutination in the first minute, «Zhuravushka» and «Red Goya» in the second one. The reaction is very strong and even 5-times water dilution could not destroy agglutinates. Experiment with the specie called «Camellia» has shown that the reaction started later, but it didn't impact on its power.

In other organs lectin activity is different. In roots of the «Zhuravushka» reaction started after 15 minutes from the beginning of the process. The first three dilutions have demonstrated vivid agglutination, but the last two ones can be characterized as moderate: erythrocytes went to the edges of plate and formed a circle. The same effect has been observed in seeds and leaves of this specie, but the reaction started only after 30 minutes.

«Red Goya» has demonstrated synchronous hemagglutination in leaves, roots and shoots after 20 minutes from the beginning. Reaction was also moderate, erythrocytes formed a circle. In case of «Aktatti» and «Camellia», reaction of hemagglutination started in shoots earlier than in roots and leaves. Hemhemagglutination was moderate. After jolting the sediment was been divided into several pieces.

According to Table 3 we can see the total amount of lectins in seeds which varied from 20.7mg/100 g до 33.7 mg/100 g.

Table 2 – Lectin content in different organs of beans (mg of raw material/100 g)

Specimen	Seeds	Shoots	Leaves	Roots
«Aktatti»	33.7 ±1.6	22.8±0.8	20.8 ±0.8	18.2±0.4
«Zhuravushka»	29.4 ±1.8	18.3±1.4	16.4 ±1.4	10.4±0.9
«Camellia»	22.3 ±4.2	12.2±0.7	11.5 ±0.5	8.7±0.2
«Red Goya»	20.0 ±2.5	11.8±0.9	11.3 ±0.8	8.5±0.3

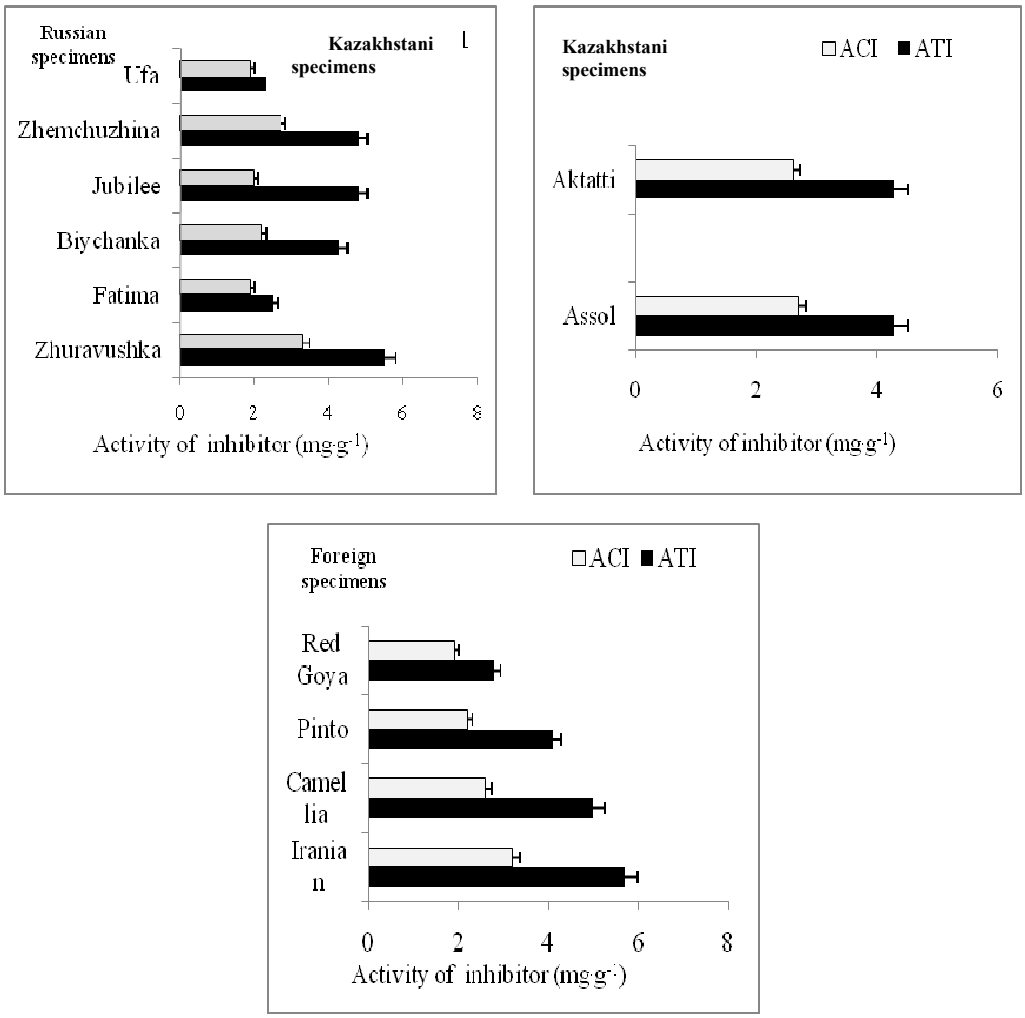


Figure 3 – The activity of trypsin (ATI) and chymotrypsin (ACI) inhibitors of seed in bean specimens

In leaves and shots the total amount of lectins is almost the same, but it has not been higher that 22,8 mg/100 g. The lowest lectin content has been determined in roots of the all species. Probably it is connected to the undeveloped root system because lectin activity in legumes depends on symbiosis with microorganisms. According to lectin activity all organs have been ranged in the following order: seeds, shoots, leaves, roots. The activity of trypsin and chymotrypsin inhibitors in specimens of Kazakhstani selection has variegated lightly between the varieties. Other foreign varieties have also shown to possess different activities of trypsin and chymotrypsin inhibitors; such activities have been depicted to range from 2.8 mg / g to 5.7 mg / g, and from 1.9 mg / g to 3.2 mg / g, respectively. Among the specimens studied, «The Iranian», «Zhuravushka»and «Assol» have been marked as indicating highest ATI and ACI values: 5.5 mg / g and 3.3 mg / g for «Zhuravushka»; 5.7 mg /g, and 3.2mg / g for «The Iranian», and 4.3 mg / g and 2.7 mg / g for «Assol», respectively. Notably, these specimens have been also remarkable by high protein content. Statistical assay has shown no correlation between protein content and ATI. The correlation index r has ranged between r = 0.01 and r = -0.60. No significant linkage has either been found between lectin activities and proteinase inhibitors. The correlation index has changed from 0.2 to 0.4.

Discussion

Wide distribution of phabaceous crops in world agriculture is primarily explained by their ability to accumulate and store in seeds and vegetative organs large amounts of excellent, easily digested protein

enriched by essential amino acids. When compared with the cereals, beans conclude in the seed 1.5-2.5 times higher quantity of protein-containing substances. Detailed composition and exact ratio of protein fractions is significant part of qualitative characteristics for bean protein complexes. In this study, comparative analysis of bean varieties and lines by the protein content quantification, identification of protein-rich genotypes has been fulfilled to summerize that protein content and quality have occurred to be dependent on particular genotype and specific growth conditions (Table 2). Similar results were earlier shown for other phabaceous plants [14, 15].

Phabaceous beans are known to include also non-food components, such as lectins, inhibitors, etc. Presence of non-dietary compounds in crops is, in most of the cases, an adaptive trait which had developed in the course of evolution. Proteinaceous antinutritional components, such as lectins and proteinase inhibitors, play an important role in plant defence against insects and plant pathogens. Nowadays, negative impact of antinutrients on the viability of certain pests is being successfully examined with assistance of a broad spectrum of plant lectins [16-19]. Plant proteinase inhibitors are capable of effective inhibiting the activity of serine and cysteine proteinases active in the insect digestive tract, thereby abolishing insects survival and diminishing their biomass and development [20]. Several studies have shown that damage of tomato and potato aerenchyma (air-conducting tissues) by Colorado beetle or its larvae may cause a rapid induction of plant trypsin and chymotrypsin inhibitors [21].

Virtually, all phabaceous plants contain non-food components which amount may increase in response to environmental conditions. Concentration of bean toxic substances has been evidenced to exhibit a wide range of variation to be determined by the genotype, vegetation and harvesting conditions, as particular place of production for the beans. While examining the lectin activity among 12 bean accessions from Kazakhstan, Russian and other foreign collections, it has been established that the highest difference between the samples could reach 17.5 mg / mL at the extreme values of this parameter making up 38.3 and 55.8 mg / ml (Fig. 1), which is consistent with other data [22].

According to scientific sources, common laws of lectin activitiy in plant development have been described. [23]. Its activity increases in mature seeds and also it can be changed in dependence on abiotic and biotic factors. The lowest content of lectins has been determined in roots. Visibly it was because all experiments were conducted on 14-days shoots with weak roots and lectins activity in legumes can not exist without symbiotic microorganisms locating in this part of plants. Studying dependence of lectin localization and its amount in different tissues and steps of development expands our knowledge about the main functions of these chemicals and helps unveil its diversity.

Previously, it has also been repeatedly speculated that high activity of trypsin inhibitors, for instance, in soybeans, stemmed out from evolutionary selection as a method of plant protection from attacks of pathogens and elimination by animals and birds. Low ATI was, as a rule, the character intrinsic for those accessions which turned out to be poorly adapted to growth conditions [24]. In our experiments, varying activity of trypsin and chymotrypsin inhibitors may witness in favour of diverse stability of the varieties and lines under research (Fig. 2). For example, the «Zhuravushka» specimen, resistant to bacterial diseases, has been noticed to possess the highest activity of proteinase inhibitors. Further studies should clarify the relationships of the activity of proteinase inhibitors and intervarietal sustainability in bean collections to the most common pathogens typical for Kazakhstan involved in the formation of protective mechanisms for plants. Such studies are currently being conducted for wheat, barley, lupin and other valuable crops [25, 26-27].

Thus, the study has shown a wide polymorphism of various bean specimens by their content of protein, lectin activity and proteinase inhibitors. Samples with high activity of these protein components by means of bio-screening described in this paper may serve as a valuable stock resource of bean lines to be highly resistant to diseases and also, on their basis, the source of bioproducts advanced by agriculture.

This work has been carried out as part of the RK MES Project: 0825 / GF3: Study of the biological activity of the protein components of promising bean specimens and producing cell cultures with a high lectin content. (GR №: 0113RK00269).

References

1 Vasconcelos IM, Oliveira JTA (2004) Antinutritional properties of plant lectins, Toxicon, 44:385-403.

2 Macedo MLR, Oliveira CFR and Oliveira CT (2015) Insecticidal Activity of Plant Lectins and Potential Application in Crop Protection, Molecules, 20:2014-2033.

3 Vasjukova NI, Ozeretskovskaya OL (2009) Jasmonate-dependent protective signaling in plant tissues [Zhasmonat-zavisimaja zashhitnaja signalizacija vtkanjahrastenij], Plant Physiology, 5:643-653. (In Russian)

4 Domash VI, Muntyan MS, Sharpio TP, Zabreiko SA, Shabashova TG and Sokolik AI (2009) The role of inhibitors of proteolytic enzymes in the formation of plant resistance to pathogens [Rol' ingibitorov proteoliticheskih fermentov v formirovanii ustojchivosti rastenij k fitopatogenam], News of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Biological Sciences. 1:47-50. (In Russian)

5 Zhao Y, Botella, MA, Subramanian L, Niu X, Nielsen SS, Bressan RA and Hasegawa, PM (1996), Two wound inducible soybean cysteine proteinase inhibitors have greater insect digestive proteinase inhibitory activities than a constitutive homolog , Plant Physiology, 111:4:1299-1306.

6 Moura DS and Ryan CA. Wound–inducible proteinase inhibitors in pepper (2001), Differential regulation upon wounding, systemin, and methyl jasmonate, Plant Physiology, 126:289-298.

7 Kolotilov VV (1989) Beans. Evaluation of samples for protein content and other economically valuable traits // Catalogue of VIR world collection. / Ed. Kolotilov VV, Podvezko VV, Buravtseva TV and Kolotilova AS. 495:24. (In Russian)

8 Luchick MD, Panasuck EN, Luchick AD (1981) Lectins [Lectini], Lviv, 156. (In Russian)

9 Agafonova OV, Zhmud EV, Krogulevich RE and Chernikov TS (2002) The content of flavonoids, protein and activity of trypsin inhibitors in the leaves of *Trifolium pannonicum Jacq*. grown in Novosibirsk [Soderzhanie flavonoidov,belka i aktivnost' ingibitorov tripsina v list'jah *Trifolium pannonicum jacq.,* vypashhivaemogo v Novosibirske], Plant Resources, 38:86-92.(In Russian)

10 Vishnjakova MA (2012) Prospects for the use of genetic resources of grain legumes in the modern system of agriculture nature management [Perspektivy ispolzovanija geneticheskih resursov zernobobovyh v sovremennoj sisteme selskohozhajstvennogo prirodopolzovanija], Scientific and Production Magazine: Legumes and Cereal Crops., 3:25-29. (In Russian)

11 Renate KA (2009) Proteinase activities in the midgut of Western corn rootworm (Diabrotica virgifera virgifera), Journal of Invertebrate Pathology, 3:169-174.

12 Mosolov VV, Grigorieva LI and Valueva TA (2001) Proteinase inhibitors from plants as multifunctional proteins [Ingibitory proteinaz iz rastenij kak polifunkcional'nye belki], Applied Biochemistry and Microbiology, 37:6:643-650. (In Russian)

13 Sitnikov DM, Kotz SY (2009) Lectins participation in physiological processes in plants, Physiology and biochemistry of plants cultures [Uchastie lektinov v fiziologicheskih processah rastenii], 41:4:279-299.

14 Limongelli G (2000) Variation of seed storage proteins in landraces of common bean (Phaseolus vulgaris L.) from Basilicata, Southern Italy, Euphytica, 92:3:393-399.

15 Wang HF (2012) Genetic diversity and relationship of global faba bean (Vicia faba L.) germplasm revealed by ISSR markers, Theor. Appl. Gen., 124:5:789-97.

16 Powell KS (2001) Antimetabolic effects of plant lectins towards nymphal stages of the planthoppers Tarophagous proserpina and Nilaparvata lugens, Entomol. Exp. Appl., 99:71-77.

17 Couty A, Down RE, Gatehouse AMR, Kaiser L, Pham-Delegue MH and Poppy GM (2001) Effects of artificial diet containing GNA and GNA-expressing potatoes on the development of the aphid parasitoid, Aphidius ervi Haliday (Hymenoptera: Aphidiidae), J. Insect Physiol., 47:1357-1366.

18 Shahidi-Noghabi S, Van Damme EJM and Smagghe G (2008) Carbohydrate-binding activity of the type-2 ribosome-inactivating protein SNA-I from elderberry (Sambucus nigra) is a determining factor for its insecticidal activity, Phytochemistry, 69:2972-2978.

19 Shahidi-Noghabi S, Van Damme EJM and Smagghe G (2009) Expression of Sambucus nigra agglutinin (SNAI0) from elderberry bark in transgenic tobacco plants results in enhanced resistance to different insect species. Transgenic Res., 18:249-259.

20 Ceci LR,Volpicella M, Rahbe Y, Gallerani R, Beekwilder J, Jongma MA (2003), Selection by phage display of a variant mustand trypsin inhibitor toxic against aphids, Plant J., 33:557-566.

21 Mosolov VV, Grigorieva LI and Valueva TA (2001) Participation of proteolytic enzymes and their inhibitors in plant protection: review [Uchastie proteoliticheskih fermentov i ih ingibitorov v zashhite rastenij:], Applied Biochemistry and Microbiology, 37:2:131-140. (In Russian)

22 Reynoso-Camacho R, Ramos-Gomez M and Loarca-Pina G (2006) Bioactive components in common beans (Phaseolus vulgaris L.), Advances in Agricultural and Food Biotechnology, P. 217- 236.

23 Antonuk LP, Ignatov VV (2001) About the role of hemaggulination of wheat foetus in plant and bacterial cooperation: hypothesis and experimental data [O roli aggljutinina zarodysha pshenicy v rastitel'no-bakterial'nom vzaimodejstvii: gipoteza i jeksperimental'nye dannye v ee podderzhku], Plant Physiology, 48: 3:427- 433 (In Russian)

24 Valueva TA and Mosolov VV (2004) The role of inhibitors of proteolytic enzymes in the plant defense against pathogenic microorganisms [Rol ingibitoriv proteoleticheskih fermentov v zashhite rastenij], Biochemistry, 69:11:1600-1606. (In Russian)

25 Litvinenko NA, Adamovskaya VG, Molodchenkova OO and Motsnyi II (2002) Genetic resistance to fusarium wheat and its relation to the activity of trypsin inhibitor in grain [Geneticheskaja ustojchivost' pshenicy k fuzariozu i ee svjaz' s aktivnost'ju ingibitora tripsina v zerne], Cytology and Genetics, 36:2:30-34. (In Russian)

26 Adamovskaya VG, Molodchenkova OO, Linchevskiy AA and Tsiselskaya LJ (2005) Lectins of cell walls of barley seedlings in the defeat of Fusarium culmorum and effect of salicylic acid [Lektiny kletochnyh stenok prorostkov jachmenja pri porazhenii Fusarium culmorum i dejstvii salicilovoj kisloty], Physiology and Biochemistry of the cult. Plants, 37:3:267-274. (In Russian)

27 Kandelinskaya OL, Grishchenko ER, Domash VI, Sharpe TP, Anokhina VS, Sauk IB, Bryl EA, Golomako VV, Cybulski IY, Topunov AF, and Slepneva LM (2006) Biochemical aspects of resistance to fusarium blue lupine [Biohimicheskie aspekty ustojchivosti ljupina uzkolistnogo k fuzariozu], Vestnik of BSU, 2:1:36-39. (In Russian)

3-бөлім

АДАМ ЖӘНЕ ЖАНУАРЛАР ФИЗИОЛОГИЯСЫ

Раздел 3

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Section 3

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Suvorova M., Zharkova I.,
Sutuyeva L., Ondasynova A.

Al-Faraby Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty

ZFET (Zebrafish embryo toxicity test) as a model test for determination of heavy metals embryo toxicity

ZFET (Zebrafish embryo toxicity test) is established by OECD as a mandatory step for testing the toxicity of water pollutants and manufacturing sewage waters. As the result of present investigation it was shown the dose-dependent embryolethal but not teratogenic effect of CdSO4. Concentration of 3,5 mM CdSO4 may be considered as minimal 100% lethal concentration for 3 h exposition. Maximum embryos death by 24 h as the result of deep life-incompatible malformations and subsequent embryos coagulation. Survived embryos showed no significant signs of abnormality and developed normally. At the same time Pb(CH3COO)2 in studied concentrations acted as disruptor of normal embryogenesis, however there was no embryo lethal effect observed. Approximately 80% of embryos exposed to 8,125 mM and 812,5 mM Pb(CH3COO)2 showed signs of scoliosis, accompanied by tail tip malformations covering an average 40% of exposed embryos. It is also possible that observed negative effects of lead are the result of increased chorion permeability and alteration of water and salt balance in embryo. Based on the results of experiments it was concluded that cadmium is considered to be highly toxic to zebrafish embryos, dose comparison testify the threefold degree cadmium toxicity to zebrafish embryos comparing with lead.

Key words: Danio rerio, embryos, embryo toxicity, heavy metals.

Суворова М., Жаркова И.,
Сутуева Л., Ондасынова А.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университеті, Қазақстан, Алматы

ZFET (жолақты даниодағы эмбриотоксиндікті анықтайтын тест) ауыр металдардың эмбриотоксиндігін зерттеу үшін модельді тест

Ағынды суларды және суда ерігіш ксенобиотиктердің улылығын зерттеуде міндетті турде ОБСЕ-ге ZFET усынылады. Бұл тәжірибеде кадмидің аумақтық эфектісі болмаған кезде эмбрионға CdSO4 мөлшерге тәуелді летальді эфектісінің әсерін көрсеткен. Эмбриондардың 3 сағат экспозициянан кейін 100% өлім тудыратын CuSO4 3,5 мМ концентрациясы әсері ең аз концентрация ретінде қарастыруға болады. Эмбриондардың көпшілігінің өмірмен сыйыспайтын терең кемістіктерінің нәтижесінде, және одан кейінгі эмбриондардың коагуляциясы 24 сағаттан байқалды. Аман қалған эмбриондар дамуында бұзылу айқын белгілері болған жоқ және инкубациядан бұрын әдеттегідей дамыған. Pb(CH3COO)2 эмбриондардың даму процесін бұзушы, зерттеліп жаткан концентрацияға әекет ететін зат ретінде,(дамудың бұзылу спектрі перикард ісігіне, кеуде және құйрық бөлімінің қисайуына әкеледі.) бірақ летальді әсер етпейді. 8,125 мМ және 812,5 мМ Pb(CH3COO)2 әсеріне ұшыраған эмбриондардың шамамен 80% сколиоз, (40% эмбриондардың байқалды) құйрығы бұзылу белгілері көрсетілді. Бұл байқалған қолайсыз әсерлер ұрықтың су-тұз балансының және хорион өткізгіштігінің бұзылу нәтижесі болып табылады деп болжанып отыр. Зерттелген активті концентрациясын салыстырғанда қорғасын ацетатына қарағанда кадмий сульфаты Danio rerio эмбриондарға үш есе улы болады.

Түйін сөздер: Danio rerio, эмбрион, эмбрион уыттылығы, ауыр металдар.

Суворова М., Жаркова И.,
Сутуева Л., Ондасынова А.

Казахский национальный университет
имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

ZFET (тест на токсичность для эмбрионов полосатого данио) как модель для исследования эмбриотоксичности тяжелых металлов

ZFET (исследование токсичности для эмбрионов полосатого данио) установлен ОБСЕ в качестве обязательного этапа при исследовании токсичности водных ксенобиотиков и сточных вод. По результатам исследования было показано дозо-зависимое летальное действие CdSO4 на эмбрионы при отсутствии тератогенного эффекта кадмия. Концентрация 3,5 мМ CdSO4 можно рассматривать как минимальную концентрацию, вызывающую гибель 100% эмбрионов при 3 ч экспозиции. Гибель большинства эмбрионов наблюдалась к 24 ч как результат глубоких уродств, несовместимых с жизнью, и последующей коагуляции эмбрионов. Выжившие эмбрионы не имели явных признаков нарушения развития и развивались нормально до вылупления. В тоже время Pb(CH3COO)2 в исследуемых концентрациях действует как вещество, нарушающее процессы нормального развития эмбрионов, но не оказывает летального действия. У приблизительно 80% эмбрионов экспонированных с 8,125 мМ и 812,5 мМ Pb(CH3COO)2 отмечались признаки сколиоза, сопровождаемые нарушениями формирования хвоста (отмечались у 40% эмбрионов). Предполагается, что наблюдаемые негативные эффекты являются результатом повышения проницаемости хориона и нарушения водно-солевого баланса эмбриона. Сравнение активных концентраций исследуемых металлов позволяет заключить, что сульфат кадмия на три порядка более токсичен для эмбрионов Danio rerio, чем ацетат свинца.

Ключевые слова: Danio rerio, эмбрионы, эмбриотоксичность, тяжелые металлы.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

UDC 574.64

*Suvorova M., Zharkova I., Sutuyeva L., Ondasynova A.

Al-Faraby Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan
*E-mail: mariya.suvorova@kaznu.kz

ZFET (Zebrafish embryo toxicity test) AS A MODEL TEST FOR DETERMINATION OF HEAVY METALS EMBRYO TOXICITY

Introduction

An enormous amount of chemicals produced and sold throughout the world dictates systematic generation and evaluation of ecotoxicological data of chemicals that is critical for risk assessment and the safety of both man and environment. Emphasizing the persistent environmental pollutants, heavy metals are highly toxic to terrestrial and aquatic organisms, but for all that the toxicity of heavy metals is predominantly investigated on model terrestrial organisms whereas their impact on aquatic organisms is less cleared. The fact is that metals are non biodegradable and accumulate in the food chain, make them deleterious to the aquatic organisms and consequently to human being who consume fish as a food source [1]. Determination of heavy metals concentrations in cultured and wild fish species reveals heavy metals concentrations greater than the upper level of intake in food for human consumption according to WHO [2] arguing that heavy metals can be strongly accumulated and biomagnified along the aquatic food chains.

Toxicological studies mainly deal with adult animals or refer to field fish populations, meanwhile the reproductive ability and early life stages of fish, like eggs and larvae are particularly sensitive to contaminants, contributing a gross mortality of polluted fish population. Toxicity tests using early life stages of fish are of great importance in assessing risks to growth, reproduction and survival in polluted environments and are important tools for good environmental monitoring. In the field of environmental and toxicology methodology researches are directed for development and application of sensitive tests providing both advantages of *in vitro* and *in vivo* investigations, cheap and representative, considering ethical recommendations and animal welfare restrictions.

There are three main fish species recommended for investigations on xenobiotics embryotoxicity/teratogenicity as well as adult acute toxicity tests – zebrafish (*Danio rerio*), fathead minnow (*Pimephales promelas*) and medaka (*Oryzias latipes*), between them the zebrafish is considered to be most suitable for studies as the one with most rapid development (for 72 h) make it ideal for high-throughput screening and well studied morphology, physiology and genetics [3]. Multiple results indicate that zebrafish embryos

are useful alternative method for traditional toxicity and teratogenicity testing. Adult zebrafish (*Danio rerio*) are easily cared and maintained, reach sexual maturity after three months, females can spawn hundreds of eggs per spawning and the whole year. The chorion is transparent and the whole development may be observed via microscope until hatching. Morphology, anatomy and individual development are completely investigated, genome is fully sequenced. A remarkable similarity in cellular structure, signaling processes, anatomy and physiology exist among zebrafish and other high-order vertebrates, including human, particularly in early stages of development [4].

ZFET (Zebrafish Embryo Toxicity Test) based on morphological observation of embryos mortality and teratogenicity is established by OECD and ECVAM as mandatory component of chemical testing [5]. Moreover since zebrafish embryos up to 96 h post fertilization are not considered as test animals, because they do not feed externally, the ZFET is not regarded an animal test [6]. Unfortunately, in the CIS the ZFET is not widespread and is in disfavor as the result of menthal indolence and prejudice against a fish as alternative for animal embryo testing. As the cheapest, rapid and informative test for chemicals embryotoxicity the ZFET should precede routine embryotoxicity tests on mammals' models as first-line screening test for developmental abnormalities. Perturbed development can manifest as morphological malformations, behavioral abnormalities or death of the embryos. Besides, even for most well studied xenobiotics their effects on developing aquatic organisms are not cleared as well as effective doses for embryos. Multiple data suggest that embryos are much more sensitive for toxicants that adult fishes, so when establishing and checking maximum permitted concentrations of pollutants one should take into consideration the embryotoxicity/teratogenicity effects. The embryonic zebrafish model offers multiple advantages for metal embryotoxicity screening: power of whole-animal investigation, convenience of cell culture, high rate of individual development, optical transparence make it possible to investigate embryotoxicity throughout embryological period using simple microscopic techniques. Thus in this paper, zebrafish embryos, which represented an attractive model for studying the toxic mechanisms of environmental chemicals were used to examine the individual effects of two heavy metals, cadmium and lead in ZFET (Zebrafish Embryo Toxicity Test).

Materials and methods

Livestock of adult zebrafish (*Danio rerio*) was used for obtaining the embryos. Producers were kept in 50 L aquaria under constant flow through conditions 23±1 ºC and 12 h light/dark cycle, fed by live and dry food once daily. The female is considered to be ready for spawning when protruding its belly. The nest (male:female ratio 2:4) for spawning was transferred into smaller sterile aquaria (15 L), preliminary filled with preheated (up to 26±1 ºC) clean water since the night so that the very early light (intensive natural light is the better) would trigger the spawning. The bottom of spawning aquaria was covered with plastic greed with a mesh size of 1,25 mm to prevent egg predation. Usually the next early morning spawning occurred, adult fish were removed and transferred into the home aquaria, eggs were collected and transferred into sterile vial with clean preheated water (t 26±1 ºC) for further investigations [5].

The glass vessel contained eggs was examined under a stereo microscope with a minimum magnification x4 to identify the fertilized embryos. All experiments were started from early epibolia stage (~ 6 hpf – hours post fertilization). At this stage it is easily to select normally developing embryos from false-developed (this may spontaneously occurs in fishes) and coagulated embryos and avoid false-positive results. All embryos with observable abnormalities were discarded. The exposition was started by addition of the test substances for fertilized eggs. The test concentrations of heavy metals used in current experiments were follows: $3{,}5x10^{-3}$M, $1{,}75x10^{-4}$M, $3{,}5x10^{-5}$M, $3{,}5x10^{-6}$M of $CdSO_4$ exposition for 3 h, then incubation media was replaced; $8{,}125x10^{-3}$M, $81{,}25x10^{-3}$M, $812{,}5x10^{-3}$M of $Pb(CH_3COO)_2$ exposition throughout the 72 h of incubation. All metal solutions were prepared by dilution of stock solutions on bidistilled water.

For exposition each test group (20 eggs per dish, dish triplets for each group) was placed into sterile plastic Petry dishes with preheated pure water medium (t 27±1 ºC), preliminary saturated with oxygen and the test concentrations were added [5]. Methylene blue was added to medium to prevent egg affection by fungi and for better recognizing normal embryo from coagulated ones. Petry dishes with embryos were sealed and placed into incubator APT.lineTM B28 (Binder, Germany) for further development under 27±1 ºC. The medium was replaced daily with new, pure preheated and oxygen-

saturated one, containing correspondent metal concentration if needed.

Eggs were investigated under stereo microscope at 10 hpf (hours post fertilization), 24 hps, 48 hpf and 72 hpf (after hatching) for mortality and malformations. Coagulated eggs were calculated and discarded. The ebryotoxicity was calculated as mortality based on four lethal endpoints attributed to ZFET. An embryo is defined to be dead if one of following endpoint is observed: a) coagulation of the embryo; b) non-detachment of the tail; c) non-formation of somites; d) non-detection of heartbeat (after 48 hpf) [5]. As the rate of embryonic development varies with temperature, water quality and other laboratory conditions one should stage embryos morphologically but not only considering the hours post fertilization (indeed it is quite difficult to catch proper time of fertilization). Taking this into account we used recommended time-points but all embryos were staged as described by Kimmel at al [7]. Teratogenic effects were recorded according to Nagel (table).

Table – Lethal and teratogenic effects observed in zebrafish embryos up to 72 hpf [8]

Category	Physiological/dysmorphogenic effect
Lethal effect	Coagulated egg
	No heart beat (only after 48 hpf)
Teratogenic effect	Malformation of head
	Malformation of eyes
	Malformation of otoliths
	Malformation of tail
	Malformation of tail tip
	Scoliosis
	Deformity of yolk
	Edemas
	Growth retardation

There is divergence in duration of a zebrafish embryotoxicity test – OECD guidelines establish test end at 48 hpf (before hatching), Aquatic Ecology and Toxicology Department of Zoology University of Heidelberg (fist-rate in zebrafish investigations in Europe) – at 72 hpf [5, 8]. We considered tests to be ended at 72 hpf, because until hatching it is quite difficult to recognize curvatures of chorda as embryo is coiled in chorion. Microscopic examination of live embryos was performed using stereo microscope DM 143 (Motic, China) and Motic Images Plus 2.0 software. For further assessment survived embryos after hatching were fixed in 4% formaldehyde. For microscopic examination fixed embryos were washed from fixatives, stained with Mayer hematoxylin, differentiated in acidic 70% ethyl alcohol, dehydrated in series of ethyl alcohol of increasing strength, clearing in xylene, than whole-mount preparations were prepared using Biomount embedding medium. Slides were examined using DM 300 microscope (Leica, Germany) with in-built digital camera, images were captured and processed using Biovision 4.0 software.

Acceptance criteria were following: a) the parent fertility rate should be ≥70%; b) the water temperature should be maintained at 27±1ºC in all test plates all over total duration of the test; c) overall survival rate in the control groups should be ≥ 90% until the end of exposure. All test groups were represented in triplets. The statistical analysis was performed using Microsoft Office Exel statistic software, data were represented as a mean and error of mean.

As regard to ethics within the chorion, fish embryos are not subjected to Directive 86/609/EEC, which regulates the use of animals in scientific experiments and exposure of zebrafish embryos to up to 5 days post fertilization is possible without interfering with present animal welfare legislation.

Results and discussion

The increasing number of chemicals –water pollutants suggests search for new sensitive tools for investigation of xenobiotics toxicity. Despite all efforts to reduce chemical pollution of waters fish populations have not recorded in many regions. Given the importance of fish in aquatic pollution monitoring fish have intensively been implemented in aquatic toxicity testing regulations. Since 2005, fish embryo toxicity testing has been made mandatory for routine sewage surveillance in Germany [9].The point is that gross of MPC (maximum permissible concentrations) for waters used for fishery were established for adults. However some chemicals are more toxic to fish embryos than to adult fish, some are less toxic. In an independent approach to analyze the correlation between ZFET and acute fish data for approximately 90% of tested substances LC_{50} value was within the range documented for conventional acute fish LC_{50} [9]. Thus some European countries are now moving away from acute fish testing toward alternative test methods such as ZFET. The number of zebrafish-related publications averages around 3500 annually [10].

There are numerous advantages for the use of zebrafish as a toxicological model species. The main benefits regard to their size, husbandry and fertility [10]. Zebrafish adults are approximately 2-3 cm long, reducing housing space and husbandry costs, each female may produce up to 300 eggs. Because of the external development and small size of zebrafish embryos they may be tested together using a single cell-culture plate or series of petri dishes to provide several experimental replicates at one time. The chorion of zebrafish is transparent, thus their optical clarity allows for easy developmental staging and assessment of toxicity endpoints without disturbing natural process of embryogenesis and throughout all development period. Small size of embryos and hatched larvae allows the whole-mount staining and assessment. As the embryonic development is considered to be most vulnerable and valuable stage of a fish life cycle it is important to determine individual toxicity of well-spread pollutant with the aim of reconsideration of MPC_{fish}. From a review on approximately 150 toxicological studies using different life-stages of fish, there was concluded that in at least 80% of the cases long-term toxicity could be predicted by results from studies with early life-stages [9]. In our experiments we have investigated lethal and dismorphogenic effects of two well-spread heavy metals – cadmium and lead in the form of water-dissolved salts in zebrafish embryotoxicity test.

Eggs of zebrafish are telolethital characterized by separate and non-dividing yolk. The experiments were started not immediately after spawning rather after 5-6 hpf at the 70%-epiboly stage. The choice of this stage is justified by that fact that at the very early stages of development (cleavage and blastula period) it is difficult to distinguish unfertilized and fertilized eggs. So called false activation by medium and temperature changes is possible for these fishes contributing to false-negative results. The gross mortality of eggs relates to cleavage stages so it was considered worth starting experiments at late epiboly stage. Up to 24 hpf the gastrulation and segmentation periods are finished so that somites, optic vesicle, lens and otic placode are distinguishable. To 48 hpf pigmentation and heartbeat occurs, strong circulation is visible and embryo spontaneously moves in chorion, yolk ball forms great extension, tail detaches from the yolk. Time period from 48 to 72 hpf is recorded as hatching period – for end of this period well pigmented embryo hatches and wide open mouth protruding anterior to eye.

The control of embryos mortality was performed throughout all development period. The proper investigation of malformations was performed after hatching. The embryos investigated in all experimental groups were staged as being at late pec-fin and early protruding mouth stages thus at hatching period (fig. 1, A). Also there is some heterogeneity at the hatching time – individuals within a single development clutch hatch sporadically during the 72 hpf.

Morphogenesis of many of the organ rudiments are now complete and slows down considerably, with some notable exceptions including the gut and its associated organs [7]. Visually rapid development of rudiments of pectoral fins, the jaws and the gills might be recorded. The head-trunk angle increases between 20 and 70 hpf as the consequence of straightening of the embryo. The pectoral fin has a flat flange and held back along the side of the body, and extends posteriorly to cover more than half of the yolk ball. At dorsal view the width of the head at the eyes exceeds the width of the yolk ball. The taper of the yolk ball is more prominent. The ventral cartilage of the mandibular arch (Meckel's cartilage) and ventral element of the hyoid arch are large supportive structures of the lower jaw, beneath oral cavity (fig. 1, D). In later embryos the mouth is wide open and it protrudes anteriorly just beyond the eye. Pigmentation of the retina is so dense that its opacity nearly hides the lens. Melanophores occupy each lateral stripe on the trunk and head (fig. 1). The heart is prominent, beating strongly and full of circulating blood. That flows in all of the aortic arches and through the subclavian loop.

In all experiments concurrent control groups showed no more than 10% for lethal/malformed embryos so that experiments were considered to fulfill acceptance criteria. The cadmium appears to be more toxic than lead in acute exposure, that was in accordance with our results. Thus embryos exposure to cadmium for 3 h led to immediate coagulation of exposed embryos. Three investigated concentrations – $3{,}5x10^{-3}$M, 1, $75x10^{-4}$M $2CdSO_4$ and $3{,}5x10^{-5}$M $CdSO_4$ caused mortality in 100% of exposed embryos (fig. 2, A), so that concentration of $3{,}5x10^{-5}$M $CdSO_4$ may be considered as minimal 100% lethal concentration for 3 h exposition. The only group where survived embryos were observed was the one exposed to $3{,}5x10^{-6}$M $CdSO_4$ – cumulative mortality for 24 hpf was no more than 60%. Embryos death by 24 hpf was the result of deep life-incompatible malformations and subsequent embryos coagulation. Survived embryos showed no significant signs of abnormality and developed normally for the next 48 h (fig 2, B). Hence the cadmium sulfate in investigated concentrations possesses rather embryo

lethal but teratogenic effect by 48 hpf and regarding to concentrations used is considered to be highly embryo toxic to zebrafish embryos.

To investigate lead embryo toxicity we chose $Pb(CH_3COO)_2$ as organic salts of lead are considered to be more toxic than inorganic. The mortality and dysmorphogenic effects resulting from embryos exposure to lead acetate are shown at the figure 3. In all investigated groups the embryo mortality was not exceed 10% and do not significantly differed from the control thus considering that lead in studied concentrations did not show embryo lethal action. Rather, as shown at the figure 3, A the $Pb(CH_3COO)_2$ caused malformations in an average 90% of exposed embryos. Types of malformations and their contribution to overall abnormalities are shown on figure 3, B-D. The maximum of observed abnormalities related to malformations of spinal cord and related structures – tail and tail tip (fig.1 A – C). Notochord curvatures in various planes lead as well as may be the result of defects in structure of muscular tissue and influence the making of excretory system.

When larvae transfer to active feeding those curvatures might be the reason for increased larvae mortality. The significant malformations may be considered those that cover approximately and more than 50% of exposed embryos.

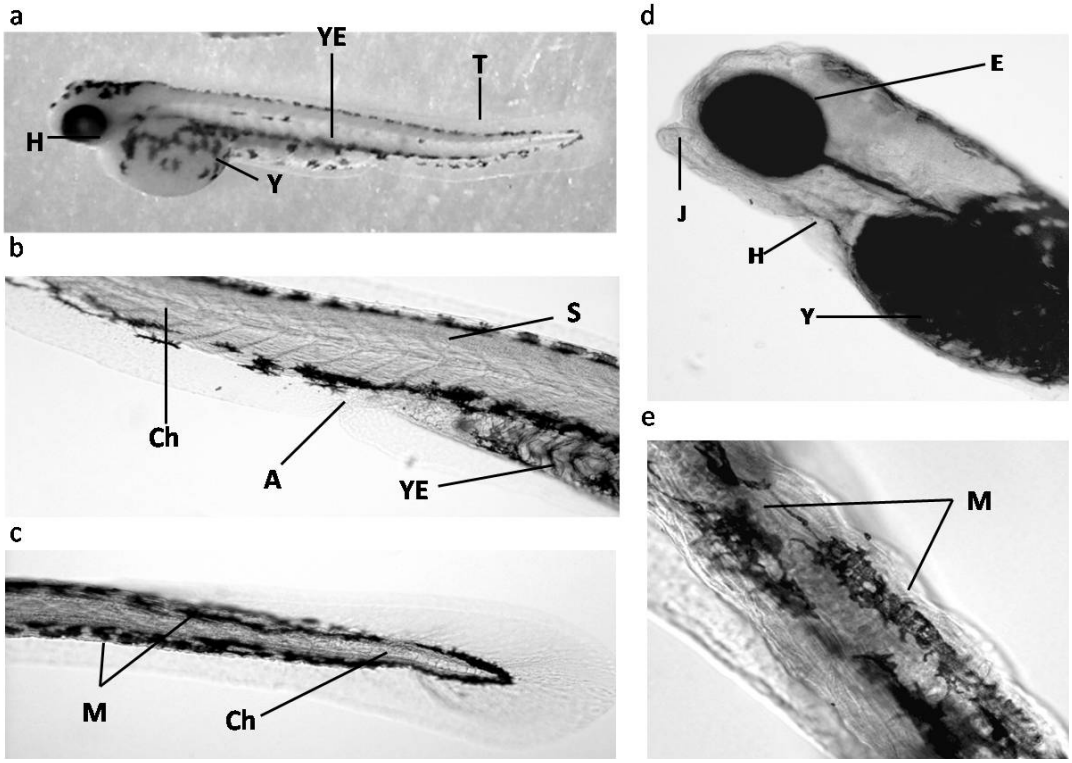


Figure 1 – Zebrafish (*Danio rerio*) embryos exposed to $8{,}125*10^{-3}$M lead acetate. A – pec-fin stage, x 35, stereomicroscope image; B – D protruding mouth stage, x 100, whole-mount; E – pec-fin stage, x 400, whole-mount. Note the pathological trunk (B), tail (A) and tail tip (C) curvatures. Abbreviations: A – anal gut opening, Ch – notochord, E – eye, J – jaws, H – heart, M – melanocytes, S – somites, T – tail, Y – yolk, YE – yolk extension

Approximately 80% of embryos exposed to $8{,}125x10^{-3}$M and $812{,}5x10^{-3}$M $Pb(CH_3COO)_2$ showed signs of scoliosis. Last are well seen in late stages of development, after hatching when embryo is free from chorion and notochord curvatures may be well distinguished. Notochord curvatures most probably are the result of both muscles paralysis and abnormalities of bone formation due to toxic action of lead acetate. Scoliosis usually accompanied by tail tip malformations (fig. 1, C) covering an average 40% of exposed embryos in all experimental groups, deficient segmentation and decreasing and malformation of muscle segments. Other prevalent embryos abnormalities referred to hydropic cavi-

ties. Mostly they are observed in pericardium and abdominal cavity, occasionally – in the brain. In our experiments pericardial edemas were observed in groups exposed to 812,5x10^{-3}M and 81,25x10^{-3}M $Pb(CH_3COO)_2$ in the ratio of 10% and 60% of exposed embryos correspondingly. In those embryos heart is in a form of thin tube and pericardium is swelled as the result of pathological fluid accumulation. Edemas arise in embryos when water balance is disturbed significantly. In our experiments there was observed accumulation of methylene blue that was added to medium to prevent fungi infection in pigment cells that testify to increasing chorion permeability. This phenomenon never occurs during development of control or cadmium treated embryos. Increased chorion permeability may lead to disturbance in water and salt balance in embryo and thus contributes to observed edema. Partly this depends on the ability of a compound to pass through the chorion. Chorion acts as a barrier for chemicals whose molecular weight is too high to enter embryo via the pores within the chorion, but their toxicity can occur after hatch. It is assumed that heavy metals are known to be blocked by the chorion via binding, most likely via complexation by anionic charged groups, possibly thiol-groups, which are abundantly present in the chorion. [11]. Nevertheless this study and other references indicate that heavy metals are highly toxic to embryos, means that whether cadmium and lead are able to pass through chorion causing direct toxicity or disrupt its permeability. Ansari S. had studied influence of three heavy metals (Zn, Ni and Cr) in ZFET and considered that very low concentrations of all the three metals are effective to kill the 10%, 50% and 90% of the total population accordingly [1]. It was also found that the embryos of zebrafish were less sensitive to heavy metals as compared to larvae, due to the presence of chorion. Abnormal locomotory activity, morphological abnormalities was also observed.

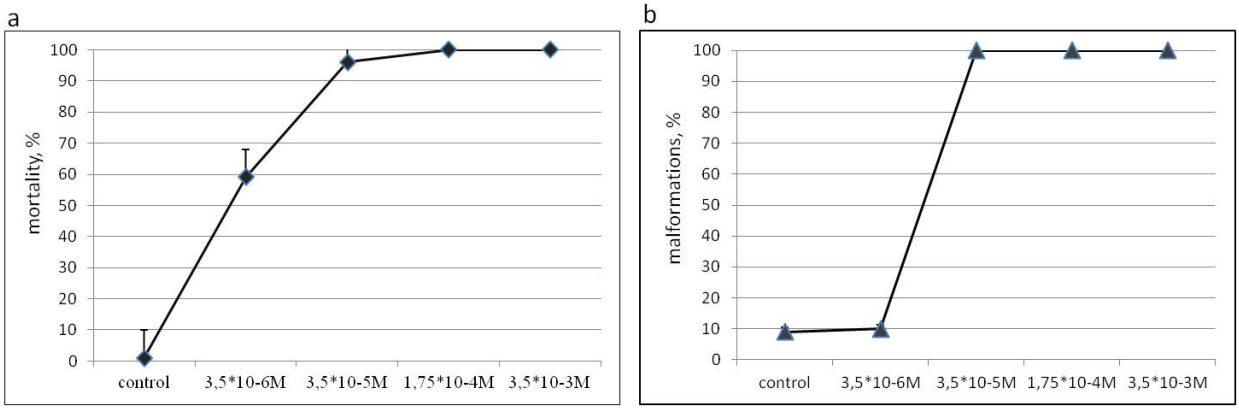


Figure 2 – Overview of the lethal and dismorphogenic effects of cadmium sulfate in zebrafish (*Danio rerio*) embryos after 48 hpf. The standard deviation for each parameter is the result of three independent runs.

Mechanisms of developmental toxicity have been partially explained for only a few toxicants, and there is no chemical for which it is fully explained [10]. Indeed it is very little known about mechanisms of embryo lethal and dismorphogenic effects of cadmium and lead in fish. Concerning cadmium and lead their chemical coordination and oxidation-reduction properties have given them an additional benefit so that they can escape control mechanisms such as homeostasis, transport, compartmentalization and binding to required cell constituents. These metals bind with protein sites which are not made for them by displacing original metals from their natural binding sites causing malfunctioning of cells and ultimately toxicity [12]. Metals get to fish organism different ways: directly from water by gills and skin or by alimentary tract (with food). The largest quantities of cadmium and copper are accumulated in metabolically active tissues (e.g., liver, kidney, alimentary tract, spleen), where they are bound to metallothioneins, one molecule of which can sequester 6–7 cadmium molecules [13, 14]. There is less known about metallothioneins induction in embryos and larvae. Cd multiple effects on cells also express in the affection of essential cellular processes such as cell division, proliferation, differentiation and apoptosis. Cd triggers cell apoptosis, both in vitro and in vivo in several models. Commonly, Cd can induce apoptosis via a caspase-dependent pathway or a

caspase-independent pathway based on the different Cd exposure conditions. Caspase 3 induction in response to cadmium was recorded in the following fish species: cinnamon clownfish (*Amphiprion melanopus*), rock bream (*Oplegnathus fasciatus*), European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), zebrafish (*Danio rerio*), large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*), Atlantic salmon (*Salmo salar*), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Medaka (*Oryzias latipes*) [15]. There was shown dose response acute toxicity, abnormal somite patterning and ectopic apoptosis induction when exposing zebrafish embryos to cadmium, and acute toxicity after lead exposure [10] as well as both lethal and sub-lethal effects such as 24 hpf death and 72 hpf delayed hatching [16]. Discussing the mechanisms of cadmium embryo toxicity, there was evidence that CdSO4 caused significant oxidative stress, including decreases in the reduced glutathione (GSH) level, inhibition of superoxide dismutase (SOD) activity, as well as increases in malondialdehyde (MDA) content in zebrafish embryos [16].

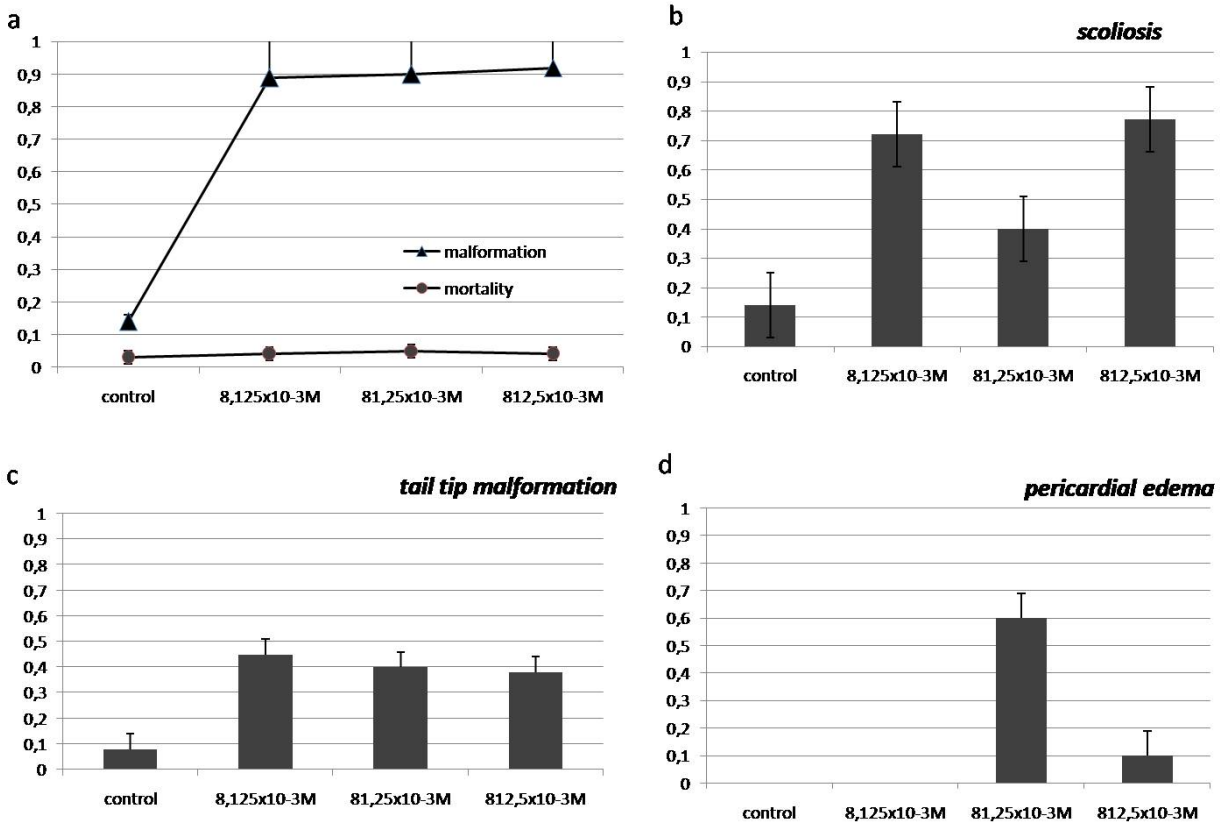


Figure 3 – Summary of the lethal and dismorphogenic effects (A) and individual morphologic malformations (B-D) in zebrafish (*Danio rerio*) embryos after 72 h exposure to lead acetate. Y-coordinate refers to decimal value. The standard deviation for each parameter is the result of three independent runs

In current study lead acetate in opposite do not cause any lethal but rather physiological effects related to water/salt balance and muscles contraction, as well as abnormal formation of notochord. There was no dose-dependency in any of observed malformations, so it is preliminary to consider about teratogenic effects of the lead, but toxic effects leading to malformations should be take into consideration. Despite enveloping almost all exposed embryos these malformations were light thus didn't cause embryo coagulation, nevertheless they may cause remote lethality after hatching when proceed to active feeding. It is also possible that observed negative effects of lead are the result of increased chorion permeability and alteration of water and salt balance in embryo. The ionic mechanism of lead toxicity occurs mainly due to the ability of lead metal ions to replace other bivalent cations like Ca2+, Mg2+, Fe2+ and monovalent cations like Na+, which ultimately disturbs the biological

metabolism of the cell [12]. The ionic mechanism of lead toxicity causes significant changes in various biological processes such as cell adhesion, intra- and inter-cellular signaling, protein folding, maturation, apoptosis, ionic transportation, enzyme regulation, and release of neurotransmitters. Lead can substitute calcium even in picomolar concentration affecting protein kinase C, which regulates neural excitation [17]. Thus cadmium and lead bioaccumulation and toxicity was recorded in many cyprinid fishes and other laboratory and commonly used fish. The correlation analysis indicated that the toxic effect of each heavy metal on a given cyprinid fish species was similar and that there is little effect of habitat and size at maturity on heavy metal toxicity. As a result, reliable toxicity data can be obtained on the basis of acute toxicity in early life stages [17].

Based on the results of experiments it was concluded that cadmium is considered to be highly toxic to zebrafish embryos, dose comparison testify the hundredfold cadmium toxicity to zebrafish embryos comparing with lead. Lead acetate has no lethal but gross but slight malformation effects which probably are due to altered chorion permeability. In conclusion, this study indicates that the presence of heavy metals in aquatic ecosystems can significantly interfere with the distribution of species, mainly due to their high toxicity to fish embryo and larvae. Therefore, early life-stage of zebrafish provides an ideal model for studying the adverse effects of heavy metals. Maximum permitted concentration for waters used in fishery was take into account when calculating minimal heavy metal doses for current experiments and thus it is clear that fish embryos are much more susceptible to metal's MPC than adult fishes and additional experiments to reestablish hygienic regulations worth providing for protection and conservation of native fish populations in Kazakhstan.

References

1 Shabnam A, Badre A (2015) Effects of heavy metals on the embryo and larvae of zebrafish, *Danio rerio* (Cyprinidae), Sch Acad J Biosci, 3(1B):52-56

2 Wael AO, Khalid H.Z et al. (2013) Risk assessment and toxic effects of metal pollution in two cultured and wild fish species from highly degraded aquatic habitats, Arch Environ Contam Toxicol, 65:753–764

3 Braunbeck Th, Bottcher M et al. (2005) Towards an alternative for the acute fish LC_{50} test in chemical assessment: the fish embryo toxicity test goes multi-species – an update, ALTEX, 22:87 – 102

4 Truong L, Harper S.L, Tanguay RL (2011) Evaluation of embryotoxicity using the zebrafish model, Methods Mol Biol, 691:271-279

5 OECD (2012) Series on Testing and Assessment No. 179 Validation Report (PHASE 2) For The Zebrafish Embryo Toxicity Test. ENV/JM/MONO (2012)25.

6 Busquet F, Nagel R et al (2008) Development of a new screening assay to identify proteratogenic substances using zebrafish *Danio rerio* embryo combined with an exogeneous mammalian metabolic system (m*Dar*T), Toxicological sciences, 104(1):177 – 188.

7 Kimmel CB et al (1995) Stages of embryonic development of the zebrafish, Developmental dynamics, 203:253-310

8 Nagel R (2002) DarT. The embryo test with zebrafish Danio rerio – a general model in ecotoxicology and toxicology, ALTEX, 19:38-48

9 Braunbeck T, Lamer E (2006) Fish embryo toxicity assays. UBA Contrct Number 203 85 422. University of Heidelberg, Germany

10 Hill AJ, Teraoka H et al. (2005) Zebrafish as a model vertebrate for investigating chemical toxicity, Toxicological sciences, 86(1):6-19

11 Kirsten Henn (2011) Limits of the fish embryo toxicity test with *Danio rerio* as an alternative to the acute fish toxicity test. Dissertation submitted to the degree of Doctor of Natural Sciences University of Heidelberg, Germany

12 Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N et al (2014) Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals, Interdiscip Toxicol, 7(2):60–72.

13 Kondera E, Ługowska K, Sarnowski P (2014) High affinity of cadmium and copper to head kidney of common carp (Cyprinus carpio L.), Fish Physiol Biochem, 40:9–22

14 Carginale V, Scudiero R et al (1998) Cadmium-induced differential accumulation of metallothionein isoforms in the Antarctic icefish, which exhibits no basal metallothionein protein but high endogenous mRNA levels, Biochem. J, 332:475-481

15 Dian Gao, Zhen'e Xu (2013) Cadmium Induces Liver Cell Apoptosis through Caspase- 3A Activation in Purse Red Common Carp (Cyprinus carpio), PLOS ONE, 12, | e83423

16 Yin J, Yang J et al (2014) Individual and joint toxic effects of cadmium sulfate and α-naphthoflavone on the development of zebrafish embryo, J Zhejiang Univ-Sci B (Biomed & Biotechnol), 15(9):766-775

17 Wang H, Liang Y et al (2013) Acute Toxicity, Respiratory Reaction, and Sensitivity of Three Cyprinid Fish Species Caused by Exposure to Four Heavy Metals, PLOS ONE, 6 | e65282

Калимагамбетов А.М.,
Оразбаева А.О.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

Репродуктивті саулық саласындағы студенттердің медико-генетикалық білімі

Зерттеу жұмысында репродуктивті саулық саласындағы студенттердің медико-генетикалық білімінің деңгейі сауалнама арқылы анықталды. Сауалнамада белгілердің қарапайым тұқымқуалау механизмдеріне, адамның репродуктивті саулығына жағымсыз әсер ететін факторларына және жанұяда репродуктивті саулықты сақтау шараларына қатысты негізгі 20 сұрақтар қойылды. Сауалнама әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеттің әр түрлі мамандықтарда білім алатын 1 және 4 курс 713 студенттер арасында өткізілді. Биология және биотехнология факультетіндегі 1 және 4 курс студенттердің дұрыс жауаптар деңгейі 54,5% және 64,6%, сәйкес, құрады. Химия және химиялық технологиялар; физика-техникалық; механика-математика; заң; тарих, археология және этнология; философия және саясаттану факультеттердегі 1 және 4 курс студенттердің дұрыс жауаптарының орташа деңгейі 39,3% және 42,4%, сәйкес, құрады. Элективті «Медициналық генетика» пәні оқылған «Биология» мамандығының 3 курстағы бір топ студенттердің орташа дұрыс жауаптарының жиілігі 14,62±0,65 құрады. Репродуктивті саулықты қалыптастыруда медико-генетикалық білім алудың тиімділігі өте зор.

Түйін сөздер: сауалнама, дұрыс жауап, студент, репродуктивті саулық, медициналық генетика.

Kalimagambetov A.M.,
Orazbaeva A.O

Al-Faraby Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

Medical and genetic knowledge of the students in the field of reproductive health

The questioning of 713 students of the 1st and 4th course students of al-Farabi Kazakh National University was carried out for determination of a level of the medical genetic knowledge which is necessary for formation of reproductive health. In 20 questions of the questionnaire there were issues considering the genetic mechanisms of signs inheritance, factors which are negatively influence the reproductive health and measures directed to preservation of reproductive health. The analysis of students' answers has shown that the level of the correct answers of the 1st year students and the 4th year students of faculty of biology and biotechnology was 54,5% and 64,6%, respectively. The level of the correct answers of 1st year and the 4th year students of following faculties: chemistry and chemical technologies, physics and technology, mechanics and mathematics, law; history, archeology and ethnology; philosophy and political science was 39,3% and 42,4%, respectively. The frequency of the correct answers of group of 3rd year students of the faculty that had the elective discipline "Medical Genetics" was also determined. It made 14,62±0,65 that is significantly higher than the frequency of correct answers 1st and 4th year students the faculty in 1,3 and 1,1 times, respectively. Getting the medical and genetic knowledge for the formation of reproductive health would lead to an increasing birth of children with physiologically normal health, which in turn will improve the demographic situation in the country as an integral part of national security.

Key words: questionnaire, correct answer, student, reproductive health, medical genetics.

Калимагамбетов А.М.,
Оразбаева А.О.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Медико-генетические знания у студентов в области репродуктивного здоровья

Проведено анкетирование 713 студентов 1-го и 4-го курсов КазНУ им. аль-Фараби для определения уровня медико-генетических знаний, необходимых для формирования репродуктивного здоровья. Анкета состояла из 20 вопросов, отражающих простые генетические механизмы наследования признаков; факторы, отрицательно воздействующие на репродуктивное здоровье, и меры, направленные на его сохранение. Установлено, что уровень правильных ответов у студентов 1-го и 4-го курсов факультета биологии и биотехнологии составил 54,5% и 64,6%, соответственно. Уровень правильных ответов студентов 1-го и 4-го курсов факультетов химии и химических технологий; физико-технического; механика-математического; юридического; истории, археологии и этнологи; философии и политологии в среднем составили 39,3% и 42,4%. Частота правильных ответов у группы студентов-биологов 3 курса, прослушавших элективный курс «Медицинская генетика», составила 14,62±0,65, что выше частоты правильных ответов студентов 1-го и 4-го курсов данного факультета в 1,3 и 1,1 раза. В целях улучшения репродуктивного здоровья человека необходимо формирование у студентов всех вузов страны медико-генетических знаний.

Ключевые слова: анкетный опрос, правильный ответ, студент, репродуктивное здоровье, медицинская генетика.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 378:575.1

Калимагамбетов А.М., *Оразбаева А.О.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
*E-mail: arailym003@mail.ru

РЕПРОДУКТИВТІ САУЛЫҚ САЛАСЫНДАҒЫ СТУДЕНТТЕРДІҢ МЕДИКО-ГЕНЕТИКАЛЫҚ БІЛІМІ

Кіріспе

Денсаулық – медициналық және әлеуметтік тұрғыдан, еліміздегі адам ресурстарын дамытуымен қатысты ең маңызды категориясы болып есептеледі. Адамның денсаулығын биологиялық (іштен туа біткен және жүре пайда болған сырқат белгілеріне қарап) және әлеуметтік факторларды ескере отырып, кешенді түрде анықтайды. Денсаулықтың негізгі жүйесіне репродуктивті денсаулық кіреді [1].

Репродуктивті денсаулық адам дамуындағы ең маңызды орын алатын, жалпы денсаулықтың басты бір бөлігі болып табылады. Репродуктивті денсаулық өмірдің жеке және жоғары деңгейдегі аспектісі. Репродуктивті денсаулықты қалыптастыру әр адам баласының өмір бойғы міндеті және тиісті жоғары этикалық, техникалық нормаға сәйкес орындалуы тиіс. Денсаулықтың сапалығы бала кезінде және жасөспірім кезінде көрініс береді. Сонымен қатар денсаулықтың сақтауын қамтамасыз ету үшін әйелдер мен ер адамдардың репродуктивті өмір сүрген уақытын ескеріп, ұрпақтан-ұрпаққа берілуін анықтайды. Репродуктивті денсаулық – ерлер мен әйелдердің өздерінен кейін ұрпақ қалдыруды жоспарлау мен ұйымдастыра алу қабілеттілігі. Қазіргі таңда репродуктивті денсаулығы медициналық-әлеуметтік мәселелердің ішінде ерекше толғандыратын мәселелердің бірі болып есептеледі [2].

Репродуктивті денсаулық – адамның ұрықтану қабілеті мен баланың туылуын сипаттайтын толық физиологиялық, психологиялық және әлеуметтік саулығының жағдайы; ана саулығын, жүктіліктің қауіпсіздігін, босануын, баланың денсаулығы мен тірі қалуын қамтамасыз ету, келесі жүктіліктерді жоспарлау болып табылады. Репродуктивті жүйенің патологиясы көптеген факторлар әсерінен (әлеуметтік-экономикалық, ішімдік, нашақорлық, шылым шегу, экологиялық факторлар және т.б.) пайда болуы мүмкін [3,4].

Отбасын жоспарлау – біздің өмірімізге белсене араласатын түсінік. Отбасын жоспарлау – армандап күткен, дені сау баланы дүниеге келтіру үшін ер және әйел адамның денсаулығын сақтау болып табылады. Басқаша айтқанда, отбасын жоспарлау – баланы кездейсоқ емес, жоспарлы түрде өмірге әкелу деген

сөз. *Жанұяны жоспарлаудың негізгі мақсаты – ана мен нәрестенің денсаулығын қорғау және жалпы халықтың денсаулығын жақсарту болып саналады.* Репродуктивті денсаулық – адамның ұрпақ әкелетін дене мүшелерінің және функциясының ауру мен сырқатсыз болуы ғана емес, жалпы адамның физикалық және ой жүйесі мен әлеуметтік жағдайының сау болуы [5].

Қазіргі заманда адам ауруларының пайда болу механизмдерін анықтау, алдын алу және емдеу барысында генетиканың үлесі өте зор. Оның маңыздылығы «Адам геномы» халықаралық ғылыми жобаның 2003 жылда аяқталуынан кейін ұлғайып келе жатыр.

Генетика медициналық практиканың, соның ішінде репродуктивті саулықты қалыптастыру саласында, орталық ұйымдастырушы бөлімі болып саналады. Себебі, адам генетикасының негізгі қағидаттарына байланысты:

– гендердің альтернативті формаларының (аллельдердің) популяцияда бар болуы;

– мутациялар мен әр түрлі гендер вариантарының әсерінде ұқсас белгілердің (фенотиптерінің) пайда болуы;

– жанұялық аурулардың пайда болуына гендердің ауруға сезгіштігі, олардың өзара және қоршаған ортамен әрекетесуінде пайда болатынын түсінушілігі;

– рак ауруының және қартаюдың дамуында соматикалық мутациялардың рөлі;

– пренатальды диагноздың және генотерапияның мүмкіндіктері;ж.

– алдын-ала гендік тестілеу және көпшілікті скринингтен өткізу [6].

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының көрсеткіштері бойынша дүниеге келген нәрестелердің 2,5% түрлі ақаулармен туылады. Оның ішінде 1,5-2% экзогенді факторлар, яғни тератоген атауымен белгілі болса, ал қалғандары тұқымқуалаушылық табиғатына байланысты болып келеді. Экзогенді ақаулардың себебін атап өту керек: биологиялық (инфекциялық аурулар, ұшық, қызылша, токсоплазмоз, хламидия инфекциясы, цитомегаловирустар инфекциялары), физикалық (радионуклидтер, ион сәулелерінің барлық түрі), химиялық (гормональды препараттар, барлық ісік клеткаларына қарсы препараттар, пестицидтер, ауыр металдар). Ақау дамуының генетикалық факторы популяциядағы жалпы генетикалық жүктемеге көрініс беріп, жер шары халқының 5%-да байқалады. Шамамен генетикалық жүктеменің 1% гендік мутацияларға тиісті болса, 0,5%-ы хромосомалық мутацияларға, 3-3,5% жуығы тұқым қуалайтын компоненті бар ауруларға (диабет, атеросклероз, жүректің ишемиялық ауруы, кейбір ісік клеткалары және т.б.) байланысты. Тұқымқуалаушылық фактордың 40-50% перинатальды өлімге әкеледі және сәби кезінен мүгедектікке ұшыратады [7,8].

Қазіргі кезде өскелең ұрпақтың денсаулығына болашақ ана мен әке ретінде аса көп назар аударылып келеді. Мемлекеттің репродуктивті потенциалы – жастар мен жасөспірімдердің сау нәресте дүниеге әкелуі және жеке бас денсаулығы, физикалық тұрғыдан болсын, психикалық жағынан болсын әлеуметтік жағдайы жақсы сау ұрпақ дүниеге әкелу болып есептеледі [9].

Осы айтылған мәселелерге қатысты репродуктивті саулықты қалыптастыру саласындағы медико-генетикалық білім алудың қажеттілігі сөзсіз.

Жұмыстың мақсаты: репродуктивті саулықты қалыптастыру саласындағы медико-генетикалық білім алудың тиімділігін анықтау.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу жұмысында 20 сұрақтан тұратын сауалнама құрастырылды. Сауалнаманың мазмұнына белгілердің тұқымқуалау механизмдеріне, адам репродуктивті саулығына әсер ететін факторларға және жанұяда репродуктивті саулықты сақтау шараларына, негізгі биологиялық білімдеріне қатысты сұрақтар қойылды. Сауалнама әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің әр түрлі мамандықтардан білім алуға бағытталған 1 және 4 курс студенттер арасында өткізілді. Сонымен бірге, сауалнамаға арнайы элективті «Медициналық генетика» пәні оқылған «Биология» мамандығының 3 курс студенттердің бір тобы (13 студент) қатысты.

Сауалнама жаратылыстану-математикалық бағытында білім беру төрт факультеттердің (биология және биотехнология; химия және химиялық технология; физика-техникалық және механика-математика) студенттер арасында жүргізілді және сауалнамаға қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы үш факультеттерінің (заң; тарих, археология және этнология факультеті; философия және саясаттану) студенттері қатысты. Сауалнамаға жауап берген студенттердің жалпы саны 713 болды. Сұрақтарға берілген жауаптардың сапалығы, дұрыс жауаптар жиілігі, пайыз бойынша анықталды. Студенттердің білімділік деңгейі жоғары оқу орындарында (ЖОО) білімдерін анықтау шкаласы бойынша салыстырылды. Сонымен қатар, статистикалық

талдауда бір анкета бойынша дұрыс жауаптар деңгейінің сенімділігі Манн-Уитнидің $U_{эмп}$-критерийі бойынша анықталды [10], сенімділіктің өлшемі $p<0,05$ кем алынған жоқ.

Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау

Ресейлік бірқатар авторлардың айтуынша, отбасының репродуктивті денсаулығын жанжақты бағалау үшін репродуктивті жүйеге қауіп төндіретін факторларды анықтауды ұсынады. Атап айтқанда тұқымқуалаушылық факторлар, экологиялық зиянды заттар, стресс жағдайлары, зиянды әдеттер, тамақтану әдісі, санитарлы-гигиеналық білім, соматикалық патологиялар болып табылады [11].

Зерттеушілердің айтуы бойынша әйелдердің репродуктивті денсаулығы қоршаған ортаның техногенді ластануымен тікелей байланысты. Сонымен қатар химиялық және физикалық табиғаттың жүктілікке әсер ететіні анықталып отыр. Қоршаған ортасы ластанған аймақта өмір сүретін 78% жүкті әйелдердің ұрығына қатер төніп жүктілікті тоқтатуға мәжбүр болды, ал экологиясы жақсы аймақтарда бұндай ауытқулар тек 25% жүкті әйелдерде кездескен болатын [12].

Адамның күнделікті тіршілігі қоршаған орта жағдайларымен тығыз байланысты. Тірі ағзаларға тән көптеген қасиеттер адам ағзасына да тән. Адамның тыныс алуы, тамақтануы, өсуі, дамуы табиғи орта жағдайында өтеді. Сондықтан да адам тіршіліктің құрамындағы бір бөлігі болып есептеледі. Сонымен бірге адам – өзі өмір сүріп отырған қоғамдағы саналы тұлға. Адамның өсуіне, дамуына және тұлға ретінде қалыптасуына әлеуметтік жағдайлардың ықпалы зор. Адам денсаулығына сонымен қатар жаман әдеттер кері әсерін тигізеді. Оның ішіне шылым шегу, ішімдікті пайдалану 9%, ал рационды тамақтану 17,5%, түнгі ұйқы ұзақтағы 1%, үй жұмысының ұзақтығы 1%, спортпен шұғылдану 3,5%, таза ауада демалу 9% оң әсерін тигізеді. Кейде еңбек етудің қолайсыздығы, тұрмыстық жағдайлардың нашарлауы денсаулыққа кері әсер етеді. Салауатты өмір сүру салтын дұрыс ұйымдастыра білмеу, медициналық жәрдемнің дұрыс көрсетілмеуі де әсерін тигізеді [13].

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы бойынша репродуктивті саулықты қалыптастыру аймағының мақсаты төмендегідей:

1. Босануға дейінгі көмек, босанудан кейінгі және туылған нәрестелерге көмек көрсету.

2. Отбасын жоспарлау бойынша қызмет көрсету, сонымен қоса бедеулік жағдайларына да көмек көрсету.

3. Қауіпті түсік тастау жағдайлары.

4. Жыныс жолымен жұғатын жүқпалы аурулар мен басқа гинекологиялық аурулармен күресу жолдары [14].

Сонымен қатар халықтың репродуктивті саулығын қалыптастыру саласын дамыту бағыты барлық елдерде, сонымен қатар жастар мен жасөспірімдерді жүйелі бір бағдарламаға әкеліп, дамытуға және де халықтың денсаулығын нығайтуға шақырады [15].

Репродуктивті саулықты қалыптастыру – репродуктивті саулықты нығайтудағы әдістер, тәсілдер, отбасы жағдайы немесе жеке бас профилактикасы және репродуктивті денсаулыққа қатысты емдеу шаралары, яғни физикалық, психикалық денсаулық және әлеуметтік жағдайының біршама факторлар бірлестігін құрайды.

Каир қаласының бағдарламасы бойынша Саммит конференциясында барлық елдер репродуктивті денсаулықты қалыптастыру саласында халыққа сапалы қызмет көрсетуді қамтамасыз ету туралы қаулысы қабылданды. Осыған сәйкес Қазақстан Республикасында Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы бойынша Каир қаласындағы Саммит конференциясының барлық міндеттері қабылданды [16].

Халық денсаулығының тіршілік ету жағдайын төрт негізгі деңгейге бөліп қарастыруға болады: тіршілік ету жағдайы, адамның тұқымқуалаушылық қасиеті, тіршілік ету ортасы және денсаулық сақтау ұйымы. Адам денсаулығының тек 8%-ы ғана медициналық даму деңгейіне, дәрігерлік көмекке тиесілі, ал 20%-ы адамның тұқымқуалаушылық қасиеттеріне байланысты. 22%-ы экологиясы нашар ортаға байланысты (ауаның ластығы, судың, электромагнитті сәулеленудің жоғары деңгейде болуы т.с.с.). Қалған 50% адамның тіршілік ету ортасына байланысты (мінез-құлық, әдеттер, ортамен қарым-қатынасы, тәртібі т.с.с.) болып келеді [17].

Зерттеу жұмыс барысында 1 және 4 курс студенттердің репродуктивті саулықты қалыптастыру саласында ЖОО орнына түсу кезіндегі білімі мен оқуды аяқтау кезіндегі білімдерінің қай деңгейде болатынын анықтау үшін сауалнама жүргізілді.

1 және 4 курс студенттерінің сауалнамадағы жауаптарының көрсеткіштері 1 және 2 кестелерде көрсетілген.

1-кесте – Сауалнамадағы 1 курс студенттердің дұрыс жауаптар деңгейі

Білім беру бағыттары	Факультеттер	Студенттер саны	Дұрыс жауаптар	
			саны	жиілігі,%
Жаратылыстану – математикалық	Биология және биотехнология	50	545	54,5
	Химия және химиялық технология	50	388	38,8
	Физика-техникалық	50	440	44,0
	Механика-математика	50	422	42,2
Қоғамдық-гуманитарлық	Заң	50	406	40,6
	Тарих, археология және этнология	50	390	39,0
	Философия және саясаттану	50	314	31,4

Бірінші кесте бойынша, биология және биотехнология факультетіндегі 1 курс студенттерінің дұрыс жауаптар деңгейі 54,5% құрады. Басқа алты факультеттердегі студенттердің дұрыс жауаптар деңгейі орташа алғанда 39,2% болды. Алынған нәтижелердің айырмашылығы 15,3% аралығында байқалды. Биология және биотехнология факультетіндегі студенттердің білімдерінің қанағаттанарлық деңгейде болғаны түсінікті – мамандандыру дайындықтарына байланысты. Олар ЖОО түсуге қатысты дайындық барысында биология саласындағы пәндерден, яғни клеткалық биология, физиология, биохимия, генетика т.б. жаратылыстану саласынан білім алады, яғни оларда негізгі биологиялық білімдері бар. Соған қарамастан, жақсы деңгейде деп айтуға болмайды. Басқа мамандықтардағы студенттердің сауалнамадағы қойылған сұрақтарға жауаптары төмен болып шықты, 31,4 – 44,0 пайыздар аралығында, қанағаттанарлық емес.

2-кесте – Сауалнамадағы 4 курс студенттердің дұрыс жауаптар деңгейі

Білім беру бағыттары	Факультеттер	Студенттер саны	Дұрыс жауаптар	
			саны	жиілігі,%
Жаратылыстану-математикалық	Биология және биотехнология	50	646	64,6
	Химия және химиялық технология	50	464	46,4
	Физика-техникалық	50	401	40,1
	Механика-математика	50	467	46,7
Қоғамдық-гуманитарлық	Заң	50	450	45,0
	Тарих, археология және этнология	50	405	40,5
	Философия және саясаттану	50	356	35,6

Екінші кесте бойынша биология және биотехнология факультеттің 4 курс студенттерінің осы сауалнамадағы сұрақтарға жауап беру деңгейі 64,6% құрады. Білімді бағалау шкаласы бойынша қанағаттанарлық деп бағаланды. Зерттеуге алынған басқа факультеттер студенттерінің сауалнамадағы сұрақтарға жауап беру деңгейі айтарлықтай жақсы болған жоқ, дұрыс жауаптардың орташа көрсеткіштері 35,6-46,4% аралығын құрады, орташа алғанда – 42,4%, биология және биотехнология факультеттің студенттерінің дұрыс жауап беру деңгейімен салыстырғанда 22,2% төмен болып шықты.

Салыстырмалы талдауда 1 және 4 курс студенттердің білімділік көрсеткіштерінің айырмашылығы қарастырылды (кесте 3).

3-кесте – 1 және 4 курс студенттердің сауалнамадағы дұрыс жауаптар деңгейінің өзара айырмашылығы

Білім беру бағыттары	Факультеттер	Дұрыс жауаптардың деңгейі,%		Айырмасы, %
		1 курс	4 курс	
Жаратылыстану – математикалық	Биология және биотехнология	54,5	64,6	10,1
	Химия және химиялық технология	38,8	46,4	7,6
	Физика-техникалық	44,0	40,1	-3,9
	Механика-математика	42,2	46,7	4,5
Қоғамдық-гуманитарлық	Заң	40,6	45,0	4,4
	Тарих, археология және этнология	39,0	40,5	1,5
	Философия және саясаттану	31,4	35,6	4,2

Үшінші кесте бойынша, 1 және 4 курс студенттерінің сауалнамаға дұрыс жауап беру деңгейінің өзара айырмашылығы, яғни 4 курсқа дейін студенттердің репродуктивті саулықты қалыптастыру саласында білім деңгейінің өзгеруін көруге болады. Биология және биотехнология факультеттің 4 курс студенттерінің дұрыс жауап беру деңгейінің 10,1% артуы байқалды. Басқа алты факультеттердегі студенттердің дұрыс жауап беру деңгейінің орташа айырмашылығы шамалы болды – 4,4% құрады. Салыстырмалы талдауда биология және биотехнология факультеттің 4 курс студенттерінің дұрыс жауап деңгейі басқа факультттетердегі студенттердің дұрыс жауап деңгейінен 2,3 есе артуы байқалды.

Төртінші кестеде 1 және 4 курс студенттердің сауалнамадағы берілген 20 сұрақтарға дұрыс жауаптардың орташа жиілігі көрсетілген.

4-кесте – 1 және 4 курс студенттердің дұрыс жауаптарының орташа жиілігі

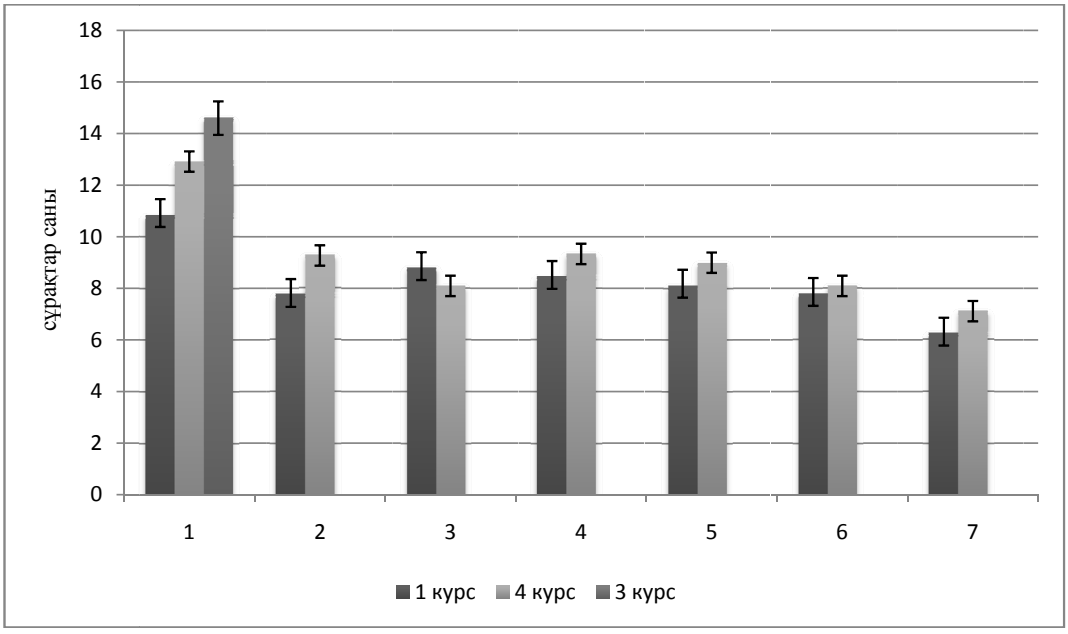
Факультеттер	Дұрыс жауаптар жиілігі, M±m	
	1 курс	4 курс
Биология және биотехнология	10,86±0,45	12,92±0,37
Химия және химиялық технология	7,76±0,60	9,28±0,39
Физика-техникалық	8,80±0,43	8,10±0,39
Механика-математика	8,46±0,30	9,34±0,29
Заң	8,12±0,42	9,00±0,24
Тарих, археология және этнология	7,80±0,40	8,10±0,40
Философия және саясаттану	6,26±0,31	7,12±0,21

Төртінші кесте бойынша биология және биотехнология факультетіндегі 1 және 4 курс студенттердің дұрыс жауаптарының орташа жиілігі басқа факультеттердегі 1 және 4 курс студенттердің дұрыс жауаптарының жалпы орташа жиілігімен 7,87±0,41 және 8,49±0,32, сәйкес, салыстырғанда, 1,4 және 1,5 есе, сәйкес, артуы анықталды.

Жұмыс барысында арнайы элективті «Медициналық генетика» пәні оқылған «Биология» мамандығының 3 курс студенттердің бір тобы (13 студент) осы сауалнамаға қатысты. Суретте сауалнамаға жауап берген барлық 1 және 4 курс студенттердің және арнайы 3 курс студенттердің дұрыс жауаптарының орташа жиілігі салыстырмалы түрде көрсетілген.

Биология және биотехнология факультетінің 1 және 4 курс студенттердің дұрыс жауаптардың орташа жиілігінің арақатынасына қарағанда, «Медициналық генетика» пәні оқылған 3 курс студенттердің дұрыс жауаптарының орташа жиілігі 14,62±0,65 құрады. Осы факультетінің 1

және 4 курс студенттердің дұрыс жауаптарының орташа жиілігімен салыстырғанда 1,3 және 1,1 есе, сәйкес, артуы байқалды. Алынған нәтижелердің статистикалық сенімділігін анықтау үшін Манн-Уитнидің $U_{эмп}$ критерийі қолданды. 3 курс студенттердің дұрыс жауаптар деңгейі 1 және 4 курстардағы студенттердің дұрыс жауаптар деңгейімен салыстырғанда $U_{эмп}$=112,5 ($p<0,01$) және $U_{эмп}$=202,0 ($p<0,05$), сәйкес, құрады. Сонымен қатар, 3 курс биолог-студенттердің дұрыс жауаптар деңгейі басқа факультеттердегі 1 және 4 курс студенттердің дұрыс жауаптарының орташа деңгейімен салыстырғанда 1,9 және 1,7 есе артуы анықталды, яғни дұрыс жауаптар жиілігінің айырмашылығы статистикалық жағынан сенімді болатыны сөзсіз. Зерттеу жұмыста алынған нәтижелер бойынша репродуктивті саулықты қалыптастыруда медико-генетикалық білім алудың тиімділігі зор деп қорытынды жасауға болады.



Сурет – 1 және 4 курс студенттердің және 3 курстың арнайы топ студенттердің сауалнамаға дұрыс жауаптарының орташа саны

Ескерту. 1 – биология және биотехнология факультеті; 2 – химия және химиялық технология факультеті; 3 – физика-техникалық факультеті; 4 – механика-математика факультеті; 5 – заң факультеті; 6 – тарих, археология және этнология факультеті; 7 – философия және саясаттану факультеті

Қазіргі қоғамда адам баласы өмір сүруге және репродуктивті денсаулығын сақтауға құқылы болып келеді. Репродуктивті саулықты қалыптастыру еліміздегі демографиялық саясатта әйел адамдар мен ер адамдардың репродуктивті жүйесіне көңіл бөлуді қажет ететін жаңа аспектісі болып табылады. Демографиялық жағдайды жақсарту үшін адам баласының денсаулығы туралы дұрыс ақпаратты жеткізуге, жанұяны жоспарлау мәселесіндегі кеңестер, жүктілік кезіндегі медициналық көмек көрсету, пайда болған аурулардың, әсіресе тұқымқуалаушылық аурулардың диагностикасы, жұқпалы аурулардың профилактикасы, салауатты өмір салтын жүргізу туралы, зиян келтіретін әдеттен сақтану жолдарын насихаттау керек.

Қорытынды

Қазіргі кезде мемлекеттік білім беру жоспары бойынша ЖОО міндетті түрде әр түрлі мамандықтарды дайындауда студенттерге «Адамның тіршілік қауіпсіздігі» мен «Экология және тұрақты даму» деп аталған пәндері оқылады. Бұл пәндерден ЖОО білім беру мақсаты түсінікті – адам тіршілігіне қатысты, қоршаған ортаны, табиғатты сақтауға қатыс-

ты мәселелер қарастырылады. Бұл мәселелерді орындау ұлттық қауіпсіздікті сақтаудың басым шаралары [18].

Осы қатарда еліміздің барлық ЖОО-да студенттерге «Медициналық генетика негіздері» пәні міндетті түрде оқылуы керек деп ойлаймыз. Себебі, репродуктивті саулықты қалыптастыру саласында әр жанұяның білімділігі жоғары болса, келесі ұрпақтың саулығы қалыпты болады, еліміздің демографиялық күйі жақсарады, нәтижесінде ұлттық қауіпсіздік күшейеді [19].

Адам денсаулығы – адам өмірінің негізгі қуанышы, негізгі байлығы болып табылады. Репродуктивті саулықты қалыптастыру мәселелерін болдырмау үшін ЖОО барлық өскелең ұрпаққа медициналық-генетикадан білім беру керек.

Әдебиеттер

1 Доклад ВОЗ о состоянии здравоохранения в мире: «Уменьшение риска, содействие здоровому образу жизни». ВОЗ, 2002.

2 Давидян О. В., Давидян К. В. (2011) Планирование семьи и охрана репродуктивного здоровья. Молодой ученый, 1:256-257.

3 Аксем С.М. (2005) Научное обоснование организации работы гинекологического отделения стационара экстренной помощи в условиях медицинского страхования: автореф. дис. … канд. мед. наук, СПб., 18 с.

4 Бушмелева Н.Н. (2011) Репродуктивное поведение женщин Удмуртской Республики. 6:95-97.

5 Медведев А. (2010) Основы медицинской реабилитологии. Минск: Беларуская наука. ISBN: 978-985-08-1124-0.

6 Ньюссбаум Р.Л., Мак-Иннес Р.Р., Виллард Х.Ф. (2010) Медицинская генетика: учебное пособие. Москва: ГОЭТАР-Медиа, ISBN: 978-5-9704-2840-5

7 Бочков Н.П. (2008) Медицинская генетика. Москва: Academia. ISBN: 5-9231-0226-9.

8 Андреева Л.П., Кулешов Н.П., Мутовин Г.Р., Жилина С.С., Макарова В.П., Коровкина Е.А. (2007) Наследственные и врожденные болезни: вклад в детскую заболеваемость и инвалидность, подходы к профилактике, 3:8-14.

9 Имаммырзаев Е. (2013) Отбасын жоспарлау – болашық дені сау ұрпақтың кепілі, Аймақтық БАҚ, «Талас тынысы» газеті. 1:3.

10 Сидоренко Е.В. (2007) Методы математической обработки в психологии. СПб.:ООО «Речь», ISBN: 5-9268-0010-2

11 Рахматуллин Э.В. (2008) Медико-социальные аспекты рождаемости и репродуктивного поведения женщин в муниципальном районе: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.33. Москва, 152 с.

12 Гаврилова Е.Г. (2003) Течение, исход беременности и профилактика осложнений у жителей г.Орла // Материалы V Российского форума «Мать и дитя». – М., С.45.

13 Ярыгина В.Н., Мелентьева А.С. (2010) Руководство по геронтологии и гериатрии. Том 3. Клиническая гериатрия. Под редакцией акад. РАМН, Москва, ГЭОТАР-Медиа, ISBN: 978-5-9704-1461-3.

14 Брынза Н.С. (2010) Научное обоснование инновационной модели медицинской помощи роженицам и родильницам, опирающейся на семейно-ориентированные технологии родовспоможения, автореф. дис. … докт. мед. наук. Москва, 44 с.

15 Закон Республики Казахстан от 16 июня 2004 № 565-II «О репродуктивных правах граждан и гарантиях их осуществления», ст.4, ст.5, ст.9, ст.11, ст.12, ст.13, ст.19.

16 Закон Республики Казахстан от 7 июля 2004 года № 581- II «О государственной молодежной политике в Республике Казахстан», ст. 5, ст.6, ст.10.

17 Кодекс Республики Казахстан от 18.09.2009 № 193-4 «О здоровье народа и системе здравоохранения», ст.96, ст. 98, ст. 102, ст. 104.

18 Закон Республики Казахстан О национальной безопасности Республики Казахстан (с изменениями и дополнениями по состоянию на 04.12.2015 г.).

19 Калимагамбетов А.М., Оразбаева А.О., Айташева З.Г. (2016) Репродуктивті саулықты қалыптастыру саласындағы медико-генетикалық білім алудың қажеттілігі. Материалы 46-й научно-методической конференции «Модернизация образовательных программ: Аккредитацияи гарантия качества подготовки кадров». Книга 1. Алматы, «Қазақ университеті». ISBN 978-601-04-1708-3

References

1 Report WHO of world health: Reducing risks, promoting healthy life [Doklad VOZ o sostoyanii zdravoohraneniya v mire: «Umen'shenie riska, sodejstvie zdorovomu obrazu zhizni»]. VOZ, 2002.

2 Davidyan O. V., Davidyan K. V. (2011) Family planning and reproductive health [Planirovanie sem'i i ohrana reproduktivnogo zdorov'ya]. Molodoj uchenyj. 1:256-257. (In Russian)

3 Aksem S.M. (2005) Scientific substantiation of the organization of the gynecological department of emergency hospital in the health insurance conditions [Nauchnoe obosnovanie organizacii raboty ginekologicheskogo otdeleniya stacionara ehkstrennoj pomoshchi v usloviyah medicinskogo strahovaniya] avtoref. dis. … kand. med. nauk . SPb., 18 s.

4 Bushmeleva N.N. (2011) The reproductive behavior of women of the Udmurt Republic [Reproduktivnoe povedenie zhenshchin Udmurtskoj Respubliki] 6:95-97. (In Russian)

5 Medvedev A. (2010) Basics of Medical Rehabilitation [Osnovy medicinskoj reabilitologii.] Minsk: Belaruskaya nauka. ISBN: 978-985-08-1124-0. (In Russian)

6 N'yussbaum R.L., Mak-Innes R.R., Villard H.F. (2010) Medical genetics [Medicinskaya genetika] uchebnoe posobie. Moskva: GOEHTAR-Media, ISBN: 978-5-9704-2840-5. (In Russian)

7 Bochkov N.P. (2008) Medical genetics [Medicinskaya genetika] Moskva: Academia. ISBN: 5-9231-0226-9. (In Russian)

8 Andreeva L.P., Kuleshov N.P., Mutovin G.R., ZHilina S.S., Makarova V.P., Korovkina E.A. (2007) Hereditary and congenital diseases: contribution to child morbidity and disability prevention approaches [Nasledstvennye i vrozhdennye bolezni: vklad v detskuyu zabolevaemost' i invalidnost', podhody k profilaktike] 3:8-14. (In Russian)

9 Imammyrzaev E. (2013) Family planning – guarantee the future generation [Otbasyn zhosparlau – bolashyқ deni sau ұrpaқtyң kepili] Ajmaқtyқ BAҚ, «Talas tynysy» gazeti. 1:3.

10 Sidorenko E.V. (2007) Methods of mathematical processing in psychology [Metody matematicheskoj obrabotki v psihologii]. SPb.:OOO «Speech», ISBN: 5-9268-0010-2. (In Russian)

11 Rahmatullin EH.V. (2008) Medical and social aspects of fertility and reproductive behavior of women in the municipal area [Mediko-social'nye aspekty rozhdaemosti i reproduktivnogo povedeniya zhenshchin v municipal'nom rajone] dis. ... kand. med. nauk: 14.00.33. Moskva, 152 s.

12 Gavrilova 12 EG (2003) The course, the outcome of the pregnancy and the prevention of complications in residents Oryol [Techenie, ishod beremennosti i profilaktika oslozhnenij u zhitelej g.Orla]// Proceedings of V Russian Forum «Mother and Child». – M., P.45. (In Russian)

13 Yarygina V.N., Melent'eva A.S. (2010) Guidelines for Gerontology and Geriatrics [Rukovodstvo po gerontologii i geriatrii] Tom 3. Klinicheskaya geriatriya. Pod redakciej akad. RAMN, Moskva: GEHOTAR-Media, ISBN: 978-5-9704-1461-3. (In Russian)

14 Brynza N.S. (2010) Scientific substantiation of innovative models of care delivery women, based on the family-oriented obstetrics technology [Nauchnoe obosnovanie innovacionnoj modeli medicinskoj pomoshchi rozhenicam i rodil'nicam, opirayushchejsya na semejno-orientirovannye tekhnologii rodovspomozheniya] avtoref. dis. … dokt. med. nauk. Moskva, 44 s.

15 Law of the Republic of Kazakhstan [Zakon Respubliki Kazahstan ot 16 iyunya 2004 № 565-II «O reproduktivnyh pravah grazhdan i garantiyah ih osushchestvleniya»] st.4, st.5, st.9, st.11, st.12, st.13, st.19.

16 Law of the Republic of Kazakhstan [Zakon Respubliki Kazahstan ot 7 iyulya 2004 goda № 581- II «O gosudarstvennoj molodezhnoj politike v Respublike Kazahstan»] st. 5, st.6, st.10.

17 Code of the Republic of Kazakhstan [Kodeks Respubliki Kazahstan ot 18.09.2009 № 193-4 «O zdorov'e naroda i sisteme zdravoohraneniya»] st.96, st. 98, st. 102, st. 104.

18 Law of the Republic of Kazakhstan [Zakon Respubliki Kazahstan O nacional'noj bezopasnosti Respubliki Kazahstan] (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 04.12.2015 g.).

19 Kalimagambetov A.M., Orazbaeva A.O., Ajtasheva Z.G. (2016) The effectiveness of medical genetic education in the formation of reproductive health [Reproduktivti saulyқty қalyptastyru salasyndaғy mediko-genetikalyқ bilim aludyң қazhettiligi] Materialy 46-j nauchno-metodicheskoj konferencii «Modernizaciya obrazovatel'nyh programm: Akkreditaciyai garantiya kachestva podgotovki kadrov». Kniga 1. Almaty, «Қazaқ universiteti». ISBN 978-601-04-1708-3.

[1]Ниетбаева О.В.,
[2]Машрапова М.М.,
[2]Кунанбаева А.Б.,
[2]Кушманов Е.Е.,
[2]Керимбекова Г.Ж.,
[2]Мырзабаева Г.Б.,
[1]Тажединов И.

[1]Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии, Казахстан, Алматы
[2]Казахский Национальный медицинский университет им. С.Ж. Асфендиярова, Казахстан, Алматы

Картина периферической крови и красного костного мозга у крыс, получивших эквивалентную человеку радиоактивность «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии»

В статье приведены результаты испытаний на крысах нового отечественного остеотропного препарата «153Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии», производства Института ядерной физики, предназначенного для радионуклидной терапии метастазов злокачественных опухолей и воспаления в костях. Изучались картина периферической крови и красного костного мозга у 7 испытуемых, с введенной дозой радиоактивности «153Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии», эквивалентной человеку и 5 интактных контрольных крыс. Показатели медианы гемоглобина, цветной показатель, сегментоядерные нейтрофилы и лейкоциты были больше, а тромбоциты, моноциты, и лимфоциты меньше у испытуемых крыс, чем у контрольных. Отмечена тромбоцитопения, как один из признаков повреждающего эффекта радиации на организм, у крыс, получившие радиоактивность. В красном костном мозгу испытуемых крыс выявлено увеличение клеточности, изменения соотношений ростков кроветворения, расширение красного ростка, дисэритропоэз, увеличение числа мегакариоцитов. Тромбоциты отшнуровывались в достаточном количестве и тип кроветворения нормобластический, как у контрольных крыс.

Ключевые слова: радионуклидная терапия, метастазы в костях, экспериментальные испытания. эквивалентнаярадиоактивность, периферическаякровь, красныйкостныймозг.

---

[1]Nietbayeva O.V.,
[2]Mashrapova M.M.,
[2]Kunanbayeva A.B.,
[2]Kushmanov E.E.,
[2]Kerimbekova G.Zh.,
[2]Myrzabaeva G.B.,
[1]Tazhedinov I.

[1]Kazakh Rezarkch Institute Oncology and Radiology, Kazakhstan, Almaty
[2]Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Kazakhstan, Almaty

«^{153}Sm-EDTMP, solution for therapy» was tested on rats in the experimental study in radioactivity equivalent to human

The article presents the results of tests on rats new domestic osteotropic drug "153Sm-EDTMP, solution for therapy", produced by the Institute of nuclear physics, intended for radionuclide therapy of metastases of malignant tumors and inflammation in the bones. Studied the picture of peripheral blood and bone marrow in 7 subjects who entered the dose of radioactivity "153Sm-EDTMP, solution for therapy", is equivalent to man and 5 intact control rats. Indicators median hemoglobin, a color indicator, segmented neutrophils and leukocytes were higher and platelets, monocytes, and lymphocytes from subjects less rats than in the controls. Marked thrombocytopenia, as one of the signs of the damaging effect of radiation on the organism, in rats that received radioactive. In the red bone marrow of the subjects of the rats revealed an increase in cellularity, changes in the ratios of the germs of hematopoiesis, the extension of the red Rostock dyserythropoiesis, increased number of megakaryocytes. Platelets were ethnoregionalist in sufficient quantity and type of hematopoiesis normoblasticheskuyu as in the control rats.

Key words: radionuclide therapy, bone metastases, experimental study, equivalent radioactivity, periferal blood, bone marrow.

---

[1]Ниетбаева О.В.,
[2]Машрапова М.М.,
[2]Құнанбаева А.Б.,
[2]Кушманов Е.Е.,
[2]Керимбекова Г.Ж.,
[2]Мырзабаева Г.Б.,
[1]Тажединов И.

[1]Қазақ онкология және радиологии ғылыми зерттеу институты, Қазақстан, Алматы
[2]С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақтың Ұлттық медицина университеті, Қазақстан, Алматы

«^{153}Sm-ЭДТМФ, емдеуге арналған ертіндісінің» адамға эквивалентті радиоактивтілігі енгізілген егеуқұйрықтардың қан және кемік сүйектің қызыл майы құрамдары көрсеткіштері

Сүйектегі қатерлі ісік метастаздарын және сүйек-буын қабынуларын радионуклидтік терапияға арналған Ядролық физика институты (ЯФИ) шығарған отандық жаңа өнім «153Sm-ЭДТМФ, емдеуге арналған ертіндісін» егеуқұйрықтарға сынақтан өткізу. «153Sm-ЭДТМФ, емдеуге арналған ертіндісінің» адамға эквивалентті радиоактивтілігі енгізілген сынақтағы 7 егеуқұйрықтың қан құрамы мен кемік сүйегі қызыл майы көрсеткіштеріне әсері, интактілі бақылаудағы 5 егеуқұйрықтың көрсеткіштерімен салыстыра зерттелді. Егеуқұйрықтардың қан құрамы көрсеткіштерінің медианаларының айырмашылығы салыстырылды. Бақылаудағыларға қарағанда, сынақтардағы егеуқұйрықтарда гемоглобин, қанның түстік корсеткіші, сегментядерлы нейтрофилдер және лейкоцитттер біршама көбірек, ал тромбоциттер, моноциттер және лимфоциттер азырақ болды. Әсіресе, радиацияның организмге әсерін көрсететін негізгі белгісі – тромбоцитопения асқынған. Эритроциттер саны тең. Сынақтағы егеуқұйрықтардың кемік сүйегінің қызыл майында жасушалықтың көбеюі, гемопоэздің өскіндік қатынасының өзгеруі, қызыл өскіннің кеңеюі, дисэритропоэз, мегакариоциттардың көбеюі анықталды. Тромбоциттердің тізбегінің тарқалуы жеткілікті, гемопоэздің түрі өзгеріссіз, бақылаудағы топтағыдай, нормобластық.

Түйін сөздер: радионуклидтік терапия, сүйек метастаздары, эксперименттік сынақ, эквивалентная радиоактивность, қан құрамы, қызыл сүйек майы.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 615.849.2

[1*]Ниетбаева О.В., [2]Машрапова М.М., [2]Кунанбаева А.Б., [2]Кушманов Е.Е., [2]Керимбекова Г.Ж., [2]Мырзабаева Г.Б., [1]Тажединов И.

[1]Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии, Республика Казахстан, г. Алматы
[2]Казахский Национальный медицинский университет им. С.Ж. Асфендиярова, Республика Казахстан, г. Алматы
[*]E-mail: admin@ncc.org.kz

КАРТИНА ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ И КРАСНОГО КОСТНОГО МОЗГА У КРЫС, ПОЛУЧИВШИХ ЭКВИВАЛЕНТНУЮ ЧЕЛОВЕКУ РАДИОАКТИВНОСТЬ «^{153}SM-ЭДТМФ, РАСТВОР ДЛЯ ТЕРАПИИ»

Введение

Радионуклидная терапия (РНТ) или системная лучевая терапия – это лечение с введением в организм пациентов радиофармпрепаратов (РФП), излучающих β- или α-частицы радионуклидовили ими меченных соединений, избирательно накапливающиеся и облучающие очаги поражения. РФП, предназначенный для РНТ, должен обладать достаточной степенью повреждающим эффектом для патологического очага, а для «органа-мишени» изменения должны быть физиологически совместимыми с его жизнедеятельностью.

РФП воздействуя на патологические очаги «внутренним облучением», обеспечивает редукцию опухолевой инфильтрации и обезболивание [1, 2]. В РНТ метастазов злокачественных опухолей в костях и некоторых воспалительных заболеваний суставов применяются остеотропные РФП [3]. В настоящее время для РНТ метастазов в костях наибелее широко применяется ^{153}Sm-EDTMP (международное название). Молекулы этилендиаминтетраметиленфосфоната (EDTMP), под популярным названием оксабифор, транспортируют радионуклид β-эмиттер ^{153}Sm в кость, где больше всего накапливается. Препарат в нормальных костях больше всего включается в красном костном мозгу, а еще больше в метаболически активных очагах (опухоль или воспаление) ^{153}Sm-EDTMP, на что обоснована РНТ. Максимальная энергия β-излучения ^{153}Sm E_{β}=0,8 МэВ и средняя E_{β}=0,232 МэВ, 90%, проникающая способность на расстояние до 1 мм. В результате ионизирующего излучения происходит повреждение клеточных белков, приводящее к некрозу или апоптозу. Период полураспада ^{153}Sm $T_{1/2}$=46,7 часов (1,95 суток). Гамма-излучение с Eγ=103 кэВ (29%) позволяет провести сцинтиграфию, по которой можно определить распределение препарата в скелете и интенсивность накопления в патологических очагах в костяху пациента.

Впервые в Республике освоена технология получения «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» (коммерческое название), производства Института ядерной физики Министерства энергетики (ИЯФ МЭ), который испытывался в эксперименте в лаборатории радионуклидной диагностики Казахского НИИ

онкологии и радиологии. Опухоли костей индуцировать в эксперименте практически невозможно из-за короткой физиологической жизни. Повреждающий эффект «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» изучался на здоровых костях крыс. Для остеотропных РФП критическим органом, т. е. «органом-мишенью», является красный костный мозг и эндотелиальный слой кости [4]. Следовательно, воздействие РНТ можно оценить по изменениям картины в периферической крови и мазка красного костного мозга.

Материалы и методы исследования

Провести экспериментальное испытание на крысах нового отечественного РФП «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии», предназначенного для РНТ метастазов злокачественных опухолей в костях. При этом оценить повреждающий эффект по картине периферической крови и морфологии красного костного мозга у крыс, получивших эквивалентную человеку дозу для лечения метастазов в костях с «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии».

В сравнительном аспекте изучалась картина периферической крови и красного костного мозга у 7 испытуемых, получивших эквивалентную человеку радиоактивность «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» и 5 интактных контрольных крыс зрелого возраста. Эквивалентную человеку для РНТ радиоактивностью «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» 42,86 МБк/кг (4,286 МБк/100г) вводили крысам в хвостовую вену в пределах 10,72-12,86 МБк. Каждую крысу условно пометили и поместили в отдельную клетку до завершения испытания. В испытуемой группе, во избежание внешнего облучения, каждую крысу содержали в отдельной клетке, и клетки располагались на расстояние 1 метра. Интактные крысы контрольной группы расположили в клетки по 2 и 3 шт. Учитывая возможные потери, из-за введеной высокой радиоактивности, в испытуемой группе крыс было больше, чем в контрольной. Однако все крысы успешно выдержали испытание. В течение первой недели уборка клетки испытуемых крыс проводилась каждый день, отходы собирали в пластиковый пакети хранилив специальном хранилище радиоактиных отходов. В последующем, по мере снижения радиоактивности отходов при дозиметрическом контроле, постепенно снижали частоту уборки. Эти меры также направлены для снижения внешнего облучения крыс от собственных радиоактивных отходов. Срок испытания длился 9 месяцев и 9 дней от начала введения короткоживущего радионуклида ^{153}Sm, достаточный для определения выживаемости животных с короткой физиологической жизнью. После завершения испытания забивали обе группы крыс. Перед умершвлением брали кровь из вены хвоста на лабораторный анализ, после забивания – ткань красного костного мозга из нижнего метафиза бедренной кости для морфологического исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате экспериментального испытания установлен лучевой повреждающий эффект отечественного «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» по показателям периферической крови и морфологическому изучению красного костного мозга крыс. Материалом доклинических исследований «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» служили результаты анализа периферической крови, взятой перед умершвлением, а также изучения морфологии красного костного мозга нижнего метафиза бедренной кости, взятого во время забивания испытуемой и контрольной групп крыс.

Определялись разности медианы показателей периферической крови контрольной и испытуемой крыс.Результаты анализа периферической крови испытуемых (И) приведены в левой половинеиконтрольных (К) крыс в правой половине табл. 1 с определением медианы соответсвенно МК и МИ, а также разности между ними МК–МИ, достаточной для малой выборки [5]. Здесь особенно выражена тромбоцитопения, как один из признаков воздействия РНТ на организм, у крыс, получившие радиоактивность ^{153}Sm-ЭДТМФ. Показатели гемоглобина, цветной показатель, нейтрофилы сегментоядерные и лейкоциты были больше, а моноциты и лимфоциты меньше у крыс, получившие радиоактивность. Только содержание эритроцитов были одинаковы у сравниваемых крыс. Следовательно, в период завершения испытания одни показатели периферической крови были еще выраженными, например тромбоцитопения ($P<0,05$), другие менее выражены в виде тенденции увеличения или уменьшения ($P>0,05$), а отдельные, как эритроциты, уже восстановились.

В скелете ^{153}Sm-ЭДТМФ больше всего включается в губчатую кость, чем в компактную. Картина красного костного мозга у каждой испытуемой (И) крысы,которым введен «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» в левой части табл.2 и контрольной (К) интактной крысы, приведена в правой части табл. 2. Нами в доступной литературе не найдены показатели нормы красного костного мозга для крыс и для надежности сравнения в последнем столбце табл. 2 приведен референтный интервал (РИ) для человека. В средней части табл. 2 приведено распределение показателей красного костного мозга которыйсоответствовал зоне референтного интервала (РИ) человекаи отклонения в большую (>) или меньшую (<) сторону от него у испытуемых и контрольных крыс. Впредпоследней строке таблицы определена их сумма (∑), последней – средние значения (∑/n). В зоне РИ показатели красного костного мозга уиспытуемых крыс составили 4,3 – меньше всего, чем в отклонении от него в вменшую (<) и большую (>) стороны от него.

Следовательно,у испытуемых крыс из-за воздействия ионизирующего излучения, отклонения изменений в кровтворной системе были в больших пределах. Так, отклонение от РИ у испытуемых крыс в большую сторону (>) было 4,71, в меньшую сторону (<) –5,0.У контрольных крысыпоказатели красного костного мозга чаще находилиь в зоне РИ (5) или в сторону меньшего от него (5,6). Видимо РИ у крыс правее, чем РИ у человека.

Из табл. 2 заметен сдвиг влево у испытуемых крыс, по сранению с контрольными. Все эти изменения характерны для активизации или подавления гемопоэза на воздействие лечебной радиоактивности. Трехстороннее сравнение испытуемых и контрольных крыс, а также референтного интервала для человека показывает повреждающее воздействие радиоактивности на кровотворную систему. Такое сравнение компенсирует отсутствие покаказателей нормы для крыс. Работа была связана с относительно высокой радиоактивностью при отсутствия специальных условий. Например при ранних сроках испытания, когда реакция кроветворной системы на радиацию была выражена, невозможно провести манипуляции, связанные с животными из-за их высокой радиоактивности. Тем не менее цель исследования достигнута. Животные перенесли эквивалентную радиоактивность для РНТ человека, при сохранении тенденции нарушения кроветворной системы до конца срока испытания.

Морфологическое описание костного мозга крыс испытуемой и контрольной групп приведено в табл. 3. При проведении исследования костного мозга крыс выявлены изменения в опытных образцах испытуемых крыс по сравнению с показателями контрольныхкрыс и референтного интервала для человека. Увеличивается клеточность костного мозга (испытуемые И3 и И5) или малоклеточность (И4). У4 испытуемых (И1, 2, 6, 7) крыс клеточность была умеренной, как у 3 контрольных (К2-4) крыс или как в референтном интервале человека в норме,которая должна быть умеренной, а не малой или обильной, У двух контрольных крыс клеточность была малой. Изменяется соотношение ростков кроветворения, например, в опыте И5 и И6 резко расширен красный росток 2,3:1, в норме у человека 1:3 или 1:4. Появляются признаки дисэритропоэза (И3), которых в норме не должно быть; появление их характерно для неглубоких изменений. Тип кроветворения остается без изменения, т.е. нормобластический, как в норме. Количество мегакариоцитов в поле зрения увеличивается, когда в норме они должны отсутствовать или быть не более 1 в поле зрения, тромбоциты отшнуровываются в достаточном количестве, как у контрольных крыс. Атипичные клетки или комплексы недифференцируемых клеток не обнаруживаются, что характерно для нормы. Из выше описанных признаков изменений красного костного мозга – обильноклеточность, дисэритропоэз, расширение зон красного ростка встречаются только у испытуемых крыс. Малоклеточность встречалась у одной испытуемой крысы И4 и у двух контрольных К1 и К5. Признаки нормы – умеренноклеточность, нормобластический тип кроветворения, отсутствие атипичных клеток были характерны для испытуемых и контрольных крыс, что характерно референтному интервалу красного костного мозга человека.

В вышеописанных изменениях возможны доля непосредственного и отсроченного эффекта воздействия РНТ, а также стадии восстановления. На пике воздействия у испытуемых крыс изменения в периферической крови и красном костном мозгу наверняка были выражены больше и глубже, которые наблюдаются в процессе клинико-лабораторного наблюдения при РНТ у больных.

Таблица 1 – Разница средных величин (М) анализа крови у испытуемых (И) и контрольных (К) крыс

№	Показатели	Номера испытуемых (И) крыс							ИМ	Номера контрольных (К) крыс					КМ	КМ-ИМ
		И1	И2	И3	И4	И5	И6	И7		К1	К2	К3	К4	К5		
1	Гемоглобин	125	128	140	110	120	103	113	119,86	135	118	99	101	140	118,6	-1,26
2	Эритоциты	4,5	5,0	5,0	3,7	4,1	4,2	4,0	4,36	4,2	5,0	3,6	4,2	4,8	4,36	0,00
3	Цвет	0,83	0,77	0,84	0,83	0,87	0,73	0,84	0,82	0,96	0,71	0,82	0,72	0,87	0,81	-0,03
4	Тромбоциты	120	400	137	130	270	120	137	168,1	300	160	300	300	350	282	113,9
5	Лейкоциты	4,0	6,0	12,0	10,0	9,0	4,7	7,0	7,53	9,0	5,0	6,0	5,0	4,0	5,8	-1,73
6	Нейтрофилы сег-ментоя-дерныk	60	52	30	20	25	45	70	43,1	35	30	40	40	50	39	-4,1
7	Моноциты	-	4	-	-	1	5	1	1,57	5	10	2	-	-	3,4	1,83
8	Лимфоциты	40	44	70	80	70	50	27	54,43	60	60	53	60	50	56,6	2,17

Примечания: М – медиана, ИМ – медиана показателей испытуемых крыс, КМ – медиана показателейконтрольныхкрыс, КМ-ИМ – их разности

Таблица 2 – Показатели пунктата в% красного костного мозга у испытуемых (И) и контрольных (К) крыс

№	Испытуемые (И) крысы											Контрольные (К) крысы							
	Показатель	И1	И2	И3	И4	И5	И6	И7	Отклонение от РИ или соответствие						К1	К2	К3	К4	К5	РИ
									>	РИ	<	>	РИ	<						
1	Бласты	-	-	4	1	-	-	-	2	5	0	1	4	0	-	-	-	4	-	-
2	Промиелоциты	8	5	5	5	5	4	1	5	2	0	3	1	1	2	18	8	-	5	1-4
3	Миелоциты	2	1	2	2	1	1	4	0	0	7	0	0	5	2	2	2	1	3	7-12
4	Мегамиелоциты	-	1	1	-	-	-	3	0	0	7	0	0	5	2	2	1	1	1	8-15
5	Палочкоядерные	8	5	10	4	1	10	5	0	0	7	0	0	5	8	4	3	4	3	13-24
6	Сегментоядерные	20	23	30	20	10	20	3	1	4	2	0	5	0	25	16	15	25	18	13-24
7	Эозинофилы	7	-	10	8	2	4	48	4	3	0	3	1	1	5	11	15	8	-	0,5-6
8	Базофилы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	
9	Лимфоциты	41	25	10		10	15	2	3	2	2	2	3	0	12	15	18	10	10	5-14
10	Моноциты	3	5	4	5	1	4	-	4	2	1	3	2	0	3	2	5	5	5	1-3
12	Нормобласты базофильные	1	5	14	5	10	2	15	1	3	3	3	2	0	-	-	-	-	-	1,5-5
13	Нормобласты поли-хроматофильные.	-	-	-	30	-	-	4	1	0	6	3	2	0	-	-	-	-	-	9-17
14	Нормобласты оксифильные	-	-	-	-	-	-	-	0	7	0	0	5	0	-	-	-	-	-	-
15	Нормоциты полихромные	10	30	10	2	60	40	-	6	1	0	5	0	0	35	24	28	33	40	-
16	*Нормоциты оксифильные*	-	-	-	-	-	-	-				*2*	*3*	*0*	-	2	-	2	-	***9-17***
17	Лейкоциты/ Эритроциты	8,00	1,80	1,90	1,70	2,30	1,30	-	6	1	0	0	0	5	1,4	2,30	2,00	1,30	1,0	-
Сумма ∑									33	30	35	22	25	28						
Средное значение ∑/n									4,71	4,3	5,0	4,4	5,0	5,6						

Примечания: > – показатель с отклонением в большую, < – меньшую стороны или соответствие с зоной РИ для человека.

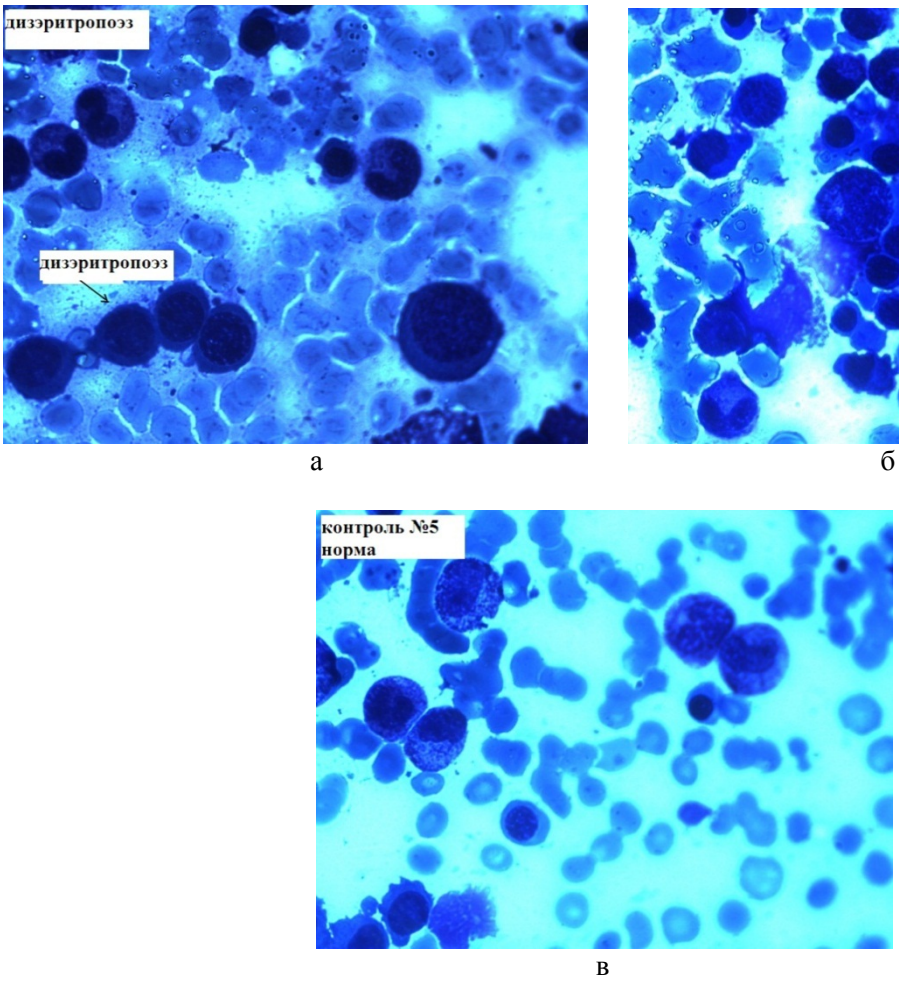
У крыс многие показатели постепенно востанавливаются в различные сроки после очищения от радиоактивности за счет выведения и распада радионуклида, как в клинической практике. Выявленные морфологические признаки красного костного мозга у крыс при жизни внешне не проявились. По физическим характеристикам крысы испытуемой группы не отличались от крыс контрольной. Изменения в периферической крови и красном костном мозгу, связанные с введенной радиоактивностью, были совместимы с жизнью и не влияли на физическое развитие испытуемых крыс.

Таблица 3 – Морфологическое описания костного мозга у испытуемых и контрольных крыс

№ крыс	Испытуемые крысы	Контрольные крыс
1	Умеренноклетчный, гранулоцитарный росток расширен, мегакариоциты 0-1-2-3- в поле зрения с отшнуровкой тромбоцитов	Малоклеточный, подсчет произведен на 100 клеток, красный росток незначительно расширен, мегакариоциты единицы в препарате с отшнуровкой тромбоцитов
2	Умеренноклеточный, соотношение ростков и созревание клеток не нарушены, мегакариоциты единицы в препарате с отшнуровкой тромбоцитов	Умеренноклеточный, соотношение ростков и созревание клеток не нарушены, мегакариоциты 0-1-2- в поле зренияс отшнуровкой тромбоцитов
3	Клеточный, дисэритропоэз, соотношение ростков и созревание клеток не нарушены, мегакариоциты 0-1-2-3- в поле зрения	Умеренноклеточный, соотношение ростков и созревание клеток не нарушены, увеличение количества эозинофилов, мегакариоциты 0-1-2- в поле зренияс отшнуровкой тромбоцитов
4	Малоклеточный, соотношение ростков и созревание клеток не нарушены, мегакариоциты 0-1-2- в поле зрения с отшнуровкой тромбоцитов	Умеренноклеточный, резкое расширение красного ростка, мегакариоциты единицы в препарате с отшнуровкой тромбоцитов
5	Обильноклеточный, резкое расширение красного ростка, мегакариоциты 0-1-2- в поле зрения с отшнуровкой тромбоцитов	Малоклеточный, расширение гранулоцитарного ростка, мегакариоциты единицы в поле зрения
6	Умеренноклеточный, красный росток незначительно расширен. Нормобластический тип кроветворения, мегакариоциты 0-1-2- поле зрения с отшнуровкой тромбоцитов	
7	Умеренноклеточный, соотношение ростков и созревание клеток не нарушены, мегакариоциты 0-1-2-3- в поле зрения с отшнуровкой тромбоцитов	
Референтный интервал	Пунктат номального красного костного мозга человека умеренноклеточный, соотношение лейкоциты/эритроциты от 2:1 до 4:1. Тип кровотворения нормобластический. Количество мегакариоцитов 1-2 в поле зрении с отшнуровкой тромбоцитов в достаточном количестве. Отсутствие атипических клеток.	

На рис. приведены качественные признаки изменения картины красного костного мозга у испытуемых крыс в виде дисэритропоэза (а) и расширение красного ростка (б), по сравнению с нормой (в). Эти изменения, вызванные с введением эквивалентного человеку радиоактивности остеотропного терапевтического препарата «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии», жизненно не опасные, и в последующем могут восстановиться без специально направленных лечебных мер.

Остеотропные препараты накопливаются в прямой зависимости от метаболизма костной ткани. Метаболизм в очагах метастазов и воспаления в костях всегда больше, чем в здоровой костной ткани, за счет чего слагается терапевтический интервал. Следовательно, воздействие остеотропных РФП на патологические очаги будет в большей степени, чем на здоровую костную ткань. Разница накопления РФП между здоровой костью и патологическим очагом должна коррелировать с терапевтическим эффектом.Чем интенсивнее включается препарат, тем больше должна быть доза «внутреннего облучения» очага. В тоже время на терапевтический интервал может внести свои коррективы радиочувствительность опухолевых клеток. Как все виды лечения, РНТ также может подавлять кроветворную систему и вызывать резистентность.



а б в

Рисунок – Дисэритропоэз (а), расширение красного ростка (б), по сравнению с нормой (в).

Заключение

Предназначенный для радионуклидный терапии РФП должен обладать достаточной степенью повреждающим эффектом для патологического очага, а для «органа-мишени» изменения должны быть клинически совместимыми с его жизнедеятельностью. В радионуклидной терапии метастазов злокачественных опухолей в костях и некоторых воспалительных заболеваний суставов применяется остеотропный радиофармпрепарат. Для оценки повреждающего эффекта испытуемым 7 крысам вводили эквивалентную для человека лечебную радиоактивность испытуемого препарата «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии». Интактные 5 крыс составли контрольную группу. После завершения срока испытания, была изучена картина периферической крови и красного костного мозга из нижнего метафиза бедренной кости испытуемых и контрольных крыс. Повреждающий эффект от эквивалентной для человека дозы радионуклидной терапии наблюдался в виде тромбоцитопении в периферической крови, морфологических изменений в красном костном мозгу в виде увеличения клеточности костного мозга, дисэритропоэза, увеличения тромбоцитов, резкого расширения красного ростка у испытуемых крыс, по сравнению с контрольными крысами и референтным интервалом показателей человека. Эти изменения в кровотворной системе внешних проявлений не имели, и на общем состоянии и физическом развитии испытуемых не отражались. Установлены хорошая переносимость и безопасность для жизни крыс «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии», введенной внутривенно с радиоактивностью, эквивалентной для лечения метастазов рака в костях у человека.

Выводы

1. Повреждающий эффект «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» эквивалентной человеку радиоактивностью проявился в показателях периферической крови и красного костного мозга у крыс.

2. Изменения в периферической крови и красном костном мозгу, связанные с введенной радиоактивностью, испытуемые крысы перенесли без внешних проявлений.

3. «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии», производства ИЯФ РК можно рекомендовать к клиническим испытаниям.

Литература

1 Цыб А.Ф., Дроздовский Б.Я. Радионуклидная терапия. Опыт, проблемы, перспективы. Атомная стратегия XXI, декабрь.–2003.–14 с.

2 Наркевич Б.Я., Ширяев С.В. Методические основы радионуклидной терапии. // Мед.радиол. рад. безопасность, –2003. –49.–№ 5.–С. 35–44.

3 Радионуклиды для терапии. В кн.: Ядерная медицина. Учебное пособие. I часть. Переводс немец. Под ред. к.м.н. О.Е. Шлыгиной, А.Р. Борисенко. –Алматы, 2008.–С.38-39.

4 Терапия открытыми радиоактивными веществами. В кн.: Ядерная медицина. Учебное пособие. II часть. Переводс немец. Под ред. к.м.н. О.Е. Шлыгиной, А.Р. Борисенко. –Алматы,2008.–С.273-278.

5 Основы статистического анализа и его применения в медицине и общественном здравоохранении. Учебно-методическое пособие по курсу «Общественное здравоохранение». –Алматы, 2003. –60 с.

References

1 Tsyb A.F., Drozdovskii B.Y. Radionuclide therapy. Experience, mail aspects, perspectives. Atom Strategy of XXI, december. –2003. –14 p.

2 Narkevich B.Y., Shiryaev S.V. Methodical base of radionuclide therapy. // Medical radiology and radiological safety, –2003. –49. –№ 5. –P. 35–44.

3 Radionuclide therapy. Nuclear Medicine. Teaching file. Book I. Translated from Dutch by O.E. Shlygina, A.R. Borisenko. –Almaty, 2008.–P. 38-39.

4 Therapy with open source radiation. Nuclear Medicine. Teaching file. Book II. Translated from Dutch by O.E. Shlygina, A.R. Borisenko.–Almaty, 2008. –P. 273-278.

5 Fundamentals of statistic analysis and use in medicine and public health. Teaching file in Public health. – Almaty, 2003. – 60 p.

Төленова Қ.Д., Кулбаева М.С., Тулеуханов С.Т., Швецова Е.В., Атанбаева Г.К., Әбдіғаппар А.Е., Қамзақызы Ш.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

Бүйрек ауруына шалдыққан жасөспірімдердің биологиялық активті нүктелердің биофизикалық қасиетін зерттеу

Бүйрек жетіспеушілігі кезінде негізінен бүйрек ұлпаларының жұмысы бұзылады, соның салдарынан зат алмасу кезінде іріктелген улы заттардың ағзадан шығарылуы баяулайды. Денсаулық сақтау қауымының негізгі мәселелеріне айналған бұл сұрақ біздің зерттеу жұмысымыздың өзектілігін көрсетеді. Өйткені ағзаның және мүшелердің физиологиялық күйіне диагностика жасауға бионүктелердің биофизикалық, физиологиялық көрсеткіштері жақсы ақпарат көзі болып табылады. Зерттеу жұмысына қалыпты және бүйрек ауруына шалдыққан оқушылар қатысты, олар екі топқа топтастырылды, бұл топтардағы оқушылардың ағза терісіндегі биологиялық активті нүктелердің температуралық көрсеткіштері зерттелді. Температуралық көрсеткіштерді тіркеу «Биотемп-2» аспабында орындалды. Зерттеу нысанына ағзаның тері бетіндегі адамның оң жақ және сол жақ бөліктерінде симметриялы орналасқан стандартты жүрек, өкпе, тоқ ішек, бүйрек, қуық, бауыр, көк бауыр меридиандарының ішінен биологиялық активті нүктелер жинақталып алынды. Алынған нәтижелер бойынша қалыпты жағдайдағы және бүйрек ауруына шалдыққан оқушылардың оң жақ және сол жақ бионүктелердің температуралық көрсеткіштерінде аса айқындалған айырмашылық байқалмады. Қалыпты және патология топтарын салыстырғанда бүйрек, қуық, бауыр, көк бауыр, өкпе меридиандарының бионүктелерінде статистикалық сенімділікпен дәлелденген айырмашылық тіркелді.

Түйін сөздер: биологиялық активті нүктелер, биофизикалық қасиеттер, бүйрек динамикасы, жасөспірім, температура.

Tolenova K.D., Kulbaeva M.S., Tuleukhanov S.T., Shvetsova E.V., Atanbaeva G.K., Abdigappar A.E., Kamzakyzy Sh.

Kazakh National University named after al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

Study of biochemical indicators of biologically active points in adolescents with renal insufficiency

The renal failure is the partially or totally lost ability of the kidneys to form and (or) to allocate the urine and as a result. According to the literature it is known that changes in the biophysical properties of biologically active points of the body is determine of the physiological state, interconnected and dependent on them. The survey involved students aged 15-16. They were divided into two groups: the first - the state of the body is normal and the second - with kidney disease. We investigated the temperature readings ABC on the skin at the school. Temperature readings were recorded on "Biotemp-2" device. Data were collected on a standard 8 biologically active point of the different meridian arranged symmetrically on the right and on the left side of all the participants of the experiment. These values were statistically processed and determined by Student's t-test. Seen little change of temperature indicators of biological active points of the subjects in both normal and with kidney disease. Thus, on the basis of experimental data, it can be argued that kidney failure indicates adverse effects on the physiological state of other organs, as shown by changes in temperature values in biologically active points different meridians.

Key words: biological active points, biophysical property, renal dynamics, teenagers, temperature.

Толенова Қ.Д., Кулбаева М.С., Тулеуханов С.Т., Швецова Е.В., Атанбаева Г.К., Әбдіғаппар А.Е., Қамзақызы Ш.

Казахский национальный университет им.аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Исследование биофизических показателей биологически активных точек у подростков с почечной недостаточностью

Почечная недостаточность – это патологическое состояние, при котором частично или полностью утрачивается способность почек образовывать и (или) выделять мочу, и, как следствие, развиваются серьезные нарушения организма. Биофизические и физиологические показатели биоактивных точек могут быть хорошим информационным источником о состоянии организма и его физиологических показателях. В обследовании участвовали школьники 15-16 лет. Они были разделены на две группы: первая - состояние организма в норме и вторая - с патологией почек. Исследовались температурные показатели БАТ на приборе «Биотемп-2» на коже у школьников. Данные были собраны по стандартным биологическим активным точкам из разных 8 меридианов (сердца, легких, печени, селезенки, почек и других), расположенные симметрично с правой и в левой стороны у всех участников эксперимента. Замечены незначительные изменения температурных показателей биологических активных точек у испытуемых как в норме, так и при патологии почек. У школьников с почечным недостаточностью по сравнением с остальными меридианами в меридиане почек, мочевого пузыря, печени, селезенки, легких пониженная температура биологических активных точек.

Ключевые слова: биологические активные точки, биофизические свойства, подростки, почечная динамика, температура.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 612.563

***Төленова Қ.Д., Кулбаева М.С., Тулеуханов С.Т., Швецова Е.В., Атанбаева Г.К., Әбдіғаппар А.Е., Қамзақызы Ш.**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
*E-mail: Tolenovakarakoz_92@mail.ru

БҮЙРЕК АУРУЫНА ШАЛДЫҚҚАН ЖАСӨСПІРІМДЕРДІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ АКТИВТІ НҮКТЕЛЕРДІҢ БИОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТІН ЗЕРТТЕУ

Кіріспе

Әрбір адамның денсаулығы оның толыққанды тіршілік етуін ғана емес, сонымен қатар оның мүмкіндіктерінің әлеуетін анықтайтын факторға айналып отыр. Халық денсаулығы жағдайының деңгейі өз кезегінде, елдің әлеуметтік-экономикалық, мәдени және индустриялық даму шамасын айқындайды. Медициналық көмек көрсетудің қолжетімділігін, сапасы мен сабақтастығын қамтамасыз етуге қызмет ететін бірыңғай дамыған, әлеуметтік бағдарланған жүйені білдіретін денсаулық сақтау саласы халық әл-ауқатының орнықты және тұрақты өсуі тұрғысынан алғанда республикадағы негізгі басымдықтардың бірі болып табылады. Салауатты өмір салты – адамдардың денсаулығын сақтап, нығайтуға, салауаттандыруға арналған мінез-құлқы тәрбиесі, тек медициналық емес, сонымен қатар өндіріс пен өндірістік қатынастардың дамуына байланысты болып келетін әлеуметтік-экономикалық категория, жеке адамның тіршілік жағдайын денсаулығына сәйкес таңдауы, яғни жеке әлеуметтік топтар мен жалпы қоғамның жоғары гигиеналық мәдениеті [1-3].

Қазіргі кезде, жоғарғы сынып оқушыларында бүйрек жетіспеушілігі өте жиі кездесуімен алаңдатып отыр. Бүйрек жетіспеушілігі кезінде негізінен бүйрек тіндері, ұлпалары бүлініп, оның жұмысы бұзылады. Сондықтан зат алмасу кезінде іріктелген улы заттардың ағзадан шығарылуы баяулайды, бірте–бірте ағза улана бастайды.

Әдеби деректерден бүйректердің организм үшін маңызы өте зор екені белгілі. Олар: біріншіден, азот – зат алмасуының ең соңғы өнімдерін бөліп шығарушы негізгі ағзалар болып есептеледі, екіншіден, ішкі орта тұрақтылығын, әсіресе қышқылды-сілтілі тепе-теңдікті реттеуге тікелей қатынасады; үшіншіден бүйрек шумақтарында (юксто-гломерулалы аппараттарында) қан қысымын реттейтін ренин бөліп шығарылады [4-9].

Бұл дерттің пайда болуына тұқым қуалайтын туа-бітті дерттер, гломерулонефрит, пиелонефрит сияқты бүйрек аурулары, қант диабеті, артериялық қан қысымының жоғарылауы сияқты эндокриндік және қан тамырлары дерттері, урологиялық аурулар, уланудан болған ішкі жарақаттар әсер етуі мүмкін.

Бүйрек тамырлы ағза мүшесі болғандықтан тамыр жұмысын бүлдіретін кез келген ауру оның жұмысына зиянды әсерін тигізе алады. Бүйрек жетіспеушілігінің алғашқы кезеңінде ауру белгілері онша білінбейді, ал ол асқына келе ақырында адам өміріне үлкен қауіп төндіреді [8-12].

Жасөспірімдер ағзасынан бүйрек жетіспеушілігінің жедел-өтпелі түрін биологиялық активті нүктелер өзгерісі арқылы дер кезінде анықтап, дұрыс нұсқау жасау арқылы дәрігерге жолдаған жағдайда, айықтыруға болады, керісінше жағдайда ол созылмалы түрге айналады [13].

Биологиялық активті нүктелер – денедегі ерекше нүктелер. Арнайы өзінің анатомиялық құрылымы болмаса да, олар орналасқан ортаның биопотенциалы, электрөткізгіштігі жоғары, ал электрлік кедергісі төмен, тітіркеністерге, жарыққа өте сезімталды келеді. Биологиялық активті нүктелерден оттегі жедел сіңіріліп, көмір қышқыл газы тездетіп шығарылады. Адам денесінде 700-1000 биологиялық активті нүктелер табылған. Олар белгілі бір жүйемен орналасқан, әрқайсысы белгілі бір мүшемен байланысқан [14-16].

Бұл ағзадағы биологиялық активті нүктелерді диагностикалық мақсатта қолдану ең алдымен инвазивті емес, жылдам және зиянсыз, сонымен қатар, залалсыз болып келеді. Сонымен қатар ағзаның физиологиялық күйін тексеру барысында қажетті ақпараттарды алуға, бұл ақпараттарды диагностика мақсатында қолдануға, емдеу процедурасы ретінде ықпал етуге мүмкіндік береді [17-18].

Бүйрек ауруына шалдыққан жастардың басқа мүшелерінің физиологиялық күйіне кері әсерін зерттеу қазіргі таңдағы өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Ал, ағза терісіндегі биологиялық активті нүктелердің биофизикалық қасиеттері бойынша бұл ауруға шалдыққан жастарда бүйрек жетіспеушілігінің басқа мүшелерге тигізетін әсерін анықтау жұмыстың алғаш рет жасалып отырғанын көрсетеді. Алғаш рет жасалудағы методика өзінің нақты нәтиже беретіндігімен оңтайлы болып келеді.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Ағзадағы тері бетіндегі биологиялық активті нүктелердің температуралық көрсеткішін зерттеуге арналған жұмыс әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-ның биология және биотехнология факультетінің биофизика және биомедицина кафедрасының «Хронобиология және экологиялық физиология» ғылыми зертханасында орындалды. Зерттеу жұмысына 15-16 жастағы оқушылар алынды. Жалпы 10 жасөспірім болды, олар 2 топқа топтастырылды. Бірінші топта жалпы дені сау, бүйрек жетіспеушілігі жоқ 5 оқушылар және жалпы дені сау, бүйрек жетіспеушілігі бар 5 оқушылар қатысты.

Жұмыс жасау барысында ағзаның тері бетіндегі бүйрек функциясымен байланысы болатын стандартты меридиандардың ішінен сипаттамалары белгілі 8 биологиялық активті нүктелер жинақталып алынды, олар: жүрек меридианынан C7 Шэнь-Мэнь, өкпе меридианынан P9 Тай-Юань, тоқ ішек меридианынан GI4 Хэ-Гу, бүйрек меридианынан R1 Юн-Цюань және R2 Жань-Гу, қуық меридианынан V67 Чжи-Инь, бауыр меридианынан F2 Син-Цзянь, көк бауыр меридианынан RP2 Да-Ду нүктелері. Ағзада осы нүктелер симметриялы орналасқандықтан, оң жақ бөлікте орналасқан нүктелер: 1 – C7 Шэнь-Мэнь; 2 – P9 Тай-Юань; 3 – G14 Хэ-Гу; 4 – R1 Юн-Цюань; 5 – R2 Жань-Гу; 6 – V67 Чжи-Инь; 7 – F2 Син-Цзянь; 8 – RP2 Да-Ду, сонымен қатар, сол жақ бөлікте орналасқан нүктелер: 1 – C7 Шэнь-Мэнь*; 2 – P9 Тай-Юань*; 3 – G14 Хэ-Гу*; 4 – R1 Юн-Цюань*; 5 – R2 Жань-Гу*; 6 – V67 Чжи-Инь*; 7 – F2 Син-Цзянь*; 8 – RP2 Да-Ду* болып белгіленді. Биологиялық активті нүктелердің (БАН) нақты анатомиялық топографиясы жоқ болғандықтан, зерттеуге алынған меридиандардың әрбір бионүктелерінің сипаттамасы беріліп отыр: C7 Шэнь-Мэнь – кәрі жілік-білезік қатпарының шынтақ жағында, алақанды бүгетін шынтақ бұлшықетінің сіңірінің шынтақ жағына жақын; P9 Тай-юань – проксимальді кәрі жілік-білезік қатпарының кәрі жіліктік соңында, кәрі жілік сүйегінің бізтәрізді өсіндісінен сәл төменірек; GI4 Хэ-Гу – I және II алақан сүйектерінің арасында, II алақан сүйегінің ортасына жақын, шұңқырда; R1 Юн-цюань – табан ортасында, терең орналасқан II және III табан саусақтарының бүгілуінен пайда болған, артқы шеткі табанға дейін 1/3 қашықтықта; R2 Жань-гу – төменгі шеттен алға қарай үңілген табан сүйегінің ортасында; V67 Чжи-инь – ең соңғы табан саусағының астыңғы тырнақ бөлімінің сол жақ шетінде; F2 Син-цзянь – бірінші және екінші табан саусақтарының ортасында орналасқан [19-20].

Екі топтағы студенттердің зерттеуге алынған тері бетіндегі биологиялық активті нүктелердің температуралық көрсеткіштері зерттелді, температуралық көрсеткіштерді тіркеуге арнайы «Биотемп-2» приборында орындалды. «Биотемп-2» приборының температуралық датчи-

гінің сезімталды элементі ретінде СТЗ-14 ОЖО.468.215ТУ терморезисторы саналады, температураның өлшеу диапазоны +50°С-ге дейін, өлшеу қателігі 0,1%.

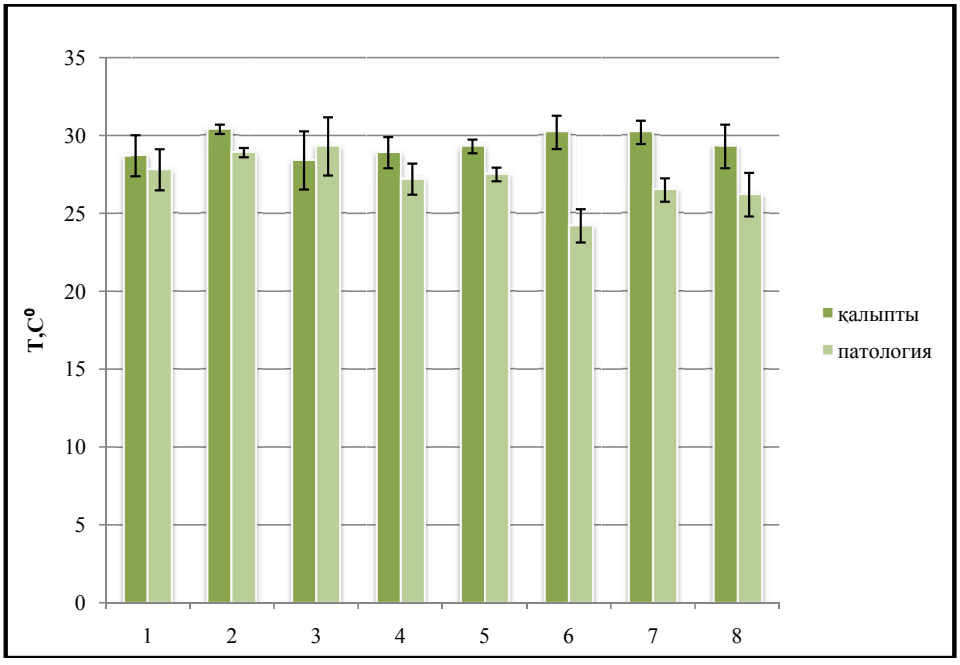
Алынаған мәліметтер статистикалық өңдеуден өтті, Стьюденттің t- критериясы бойынша анықталды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Зерттеу жұмыстарының нәтижелерін сараптамадан өткізе келе, мынадай қорытындыға көз жеткізілді. 1-суретте қалыпты жағдайдағы және патология кезіндегі оқушылар денесінің оң жақ бөлігінде орналасқан биологиялық активті нүктелерінің температуралық көрсеткіштерін салыстыруға мүмкіндік беретін гистограммасы көрсетілген.

Бүйрек патологиясына ұшыраған ағзадағы бионүктелердің температуралық көрсеткіштері: С7 Шэнь-Мэнь – 27,8±0,3°С, С7 Шэнь-Мэнь* – 28,9±1,0°С; Р9 Тай-Юань – 28,9±1,0°С, Р9 Тай-Юань* – 30,0±0,8°С; G14 Хэ-Гу – 29,3±1,0, G14 Хэ-Гу* – 29,0±2,0°С; R1 Юн-Цюань 27,2±1,4°С, R1 Юн-Цюань* 27,8±0,3°С; R2 Жань-Гу 27,5±0,2°С , R2 Жань-Гу* – 27,2±0,6°С; V67 Чжи-Инь – 24,2±2,8°С , V67 Чжи-Инь* 23,7±1,9°С; F2 Син-Цзянь – 26,5±1,7 , F2 Син-Цзянь* – 26,7±1,3°С; RP2 Да-Ду – 26,2±1,8°С, RP2 Да-Ду* – 26,7±1,0°С тең болды.

Қалыпты жағдайдағы және бүйрек жетіспеушілігі кезіндегі жасөспірімдердің ағзасындағы оң жақ бөлігінің биоактивті нүктелерін өзара салыстырғанда, 4 меридианның бионүктелерінде 5 – R2 Жань-Гу, 6 – V67 Чжи-Инь, 7 – F2 Син-Цзянь, 8 – RP2 Да-Ду төмендеген температурасы статистикалық дәлдікпен сенімділікті береді ($p<0,05$), ал қалған бионүктелердің көрсеткіштері бір-бірінен аса қатты айырмашылықты байқатпады (1-сурет). Бүйрек жетіспеушілігіне ұшыраған студенттердің бүйрек ауруы ағзадағы басқа мүшелердің физиологиялық күйіне кері әсерін көрсетеді. Өкпе, бүйрек, қуық, бауыр, көк бауыр мүшелерінің меридиандарынан алынған бионүктелердің қалыпты жағдайдан температуралары төмендегеніне қарағанда, бұл мүшелерде функциялауға қажетті өмірлік Чи энергиясының қалыптыдан төмендегенін көрсетеді. Жасөспірімдер тек қана бүйрек ауруына ғана көп көңіл аударып қоймай, аталған мүшелердің де саулығына назар аударуы керек. Қажет болса емдік процедурасын дер уақытында бастағаны да дұрыс.

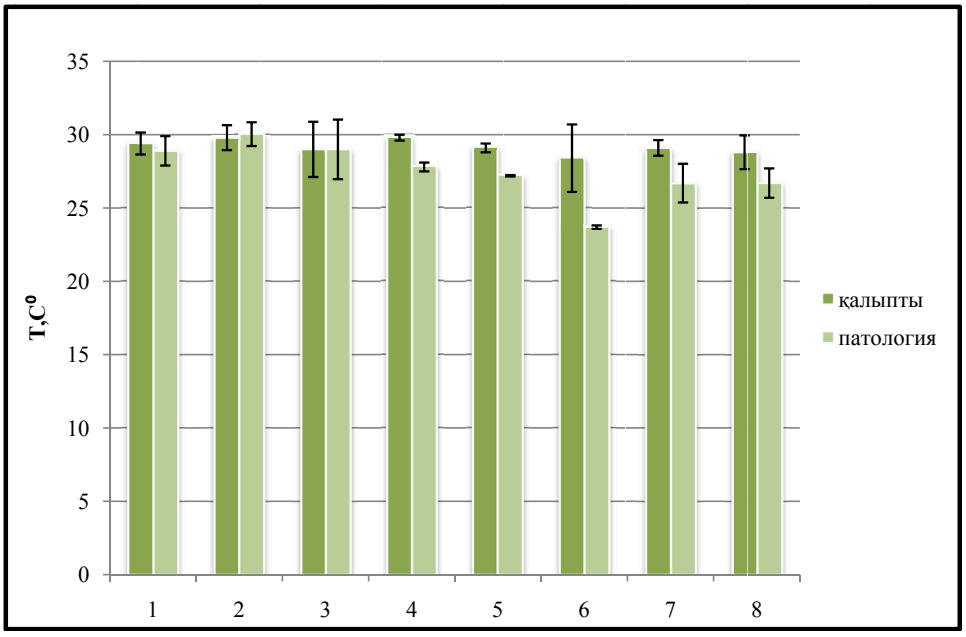


1 – С7 Шэнь-Мэнь, 2 – Р9 Тай-Юань, 3 – G14 Хэ-Гу, 4 – R1 Юн-Цюань, 5 – R2 Жань-Гу, 6 – V67 Чжи-Инь, 7 – F2 Син-Цзянь, 8 – RP2 Да-Ду.

1-сурет – Қалыпты жағдайдағы және патология кезіндегі оқушылар денесінің оң жақ бөлігінде орналасқан тері бетіндегі БАН-ның температуралық көрсеткіштері

Қалыпты ағза мен бүйрек патологиясы бар ағзаның сол жақ бөлігінде орналасқан БАН-ның температуралық көрсеткіштерін салыстырып қарағанда кей меридиандардың бионүктелерінде аса қатты айырмашылық байқала қойған жоқ, ал кейбіреулерінде үлкен өзгерістерді көрсетті. Қалыпты жағдаймен салыстырғанда өзгеріске ұшыраған тоқ ішек меридианының GI4 Хэ-Гу* бионүктесі, бүйрек меридианының R2 Жань-Гу* бионүктесі, қуық меридианының V67 Чжи-Инь* бионүктесі, бауыр меридианының F2 Син-Цзянь* бионүктесі, көк бауыр меридианының 8 – RP2 Да-Ду* бионүктесі статистикалық дәлдікпен анықталды ($p<0,05$) (2-сурет). Қуық меридианынан таңдап алынған V67 Чжи-Инь* бионүктесінде статистикалық сенімділік аса жоғары дәрежеде көрсетіліп отыр, яғни бұл меридианның бионүктесі бүйрек патологиясының жағдайымен тығыз байланысты.

Қалыпты жағдаймен салыстырғанда патология тобында өзгеріске ұшыраған бионүктелердің әдеби деректерде берілген сипаттамасына тоқталып өтсек, тоқ ішек меридианының GI4 Хэ-Гу* бионүктесінің көрсетілімдері: бет жүйкесінің невриті, ауыздың мимикалық бұлшықеттерінің парезі, қабақтар птозы; тіс ауруы, жақсүйек қарысуы, бас ауруы; мұрыннан қан кету, құлақтың шулауы, саңыраулық, тамақтың сілемейлі қабатының ауруы мен ісінуі; саусақтардың сіресуі, қардың сыртқы беткейінің ауруы; қатты тоңып қалу кезіндегі қалтырау жағдайы, терлеу; аменорея (етеккірдің тоқталуы). Бүйрек меридианының R2 Жань-Гу* бионүктесінің көрсетілімдері: Ци және Ян бүйрек жетіспеушілігі, импотенция, бедеулік, жатырдың төмен орналасуы, вульва қышымасы, гонорея, зәр шығару жүйесінің функциясының ауырсынуы, зәр шығарудың қиындауы. Қуық меридианының V67 Чжи-Инь* бионүктесінің көрсетімдері: тай-ян қуық каналының ауруларынан болатын бас және бет ауырсынулары, бас ауруы, шүйде және төбе аурулары, бас ауырсынудың болуы, мұрыннан қан кетуі, бельмо, көз ауырсынуы. Бауыр меридианының F2 Син-Цзянь* бионүктесінің көрсетілімдері: бас ауруы, бас айналуы, қабырға астындағы ауырсыну, ауырсыну, көздің ісігі, қызару, глаукома, шөлдеу, тітіркеніштік, эпилепсия, ұйқысыздық, тас кереңдік. Сонымен бұл бионүктелерге емдік немесе профилактикалық әсер беру арқылы жоғарыда сипатталған көрсетілімдердің алдын алу шарасын жасауға болады.



1 – C7 Шэнь-Мэнь*; 2 – P9 Тай-Юань*; 3 – G14 Хэ-Гу*; 4 – R1 Юн-Цюань*; 5 – R2 Жань-Гу*; 6 – V67 Чжи Инь*; 7 – F2 Син-Цзянь*; 8 – RP2 Да-Ду*

2-сурет – Қалыпты жағдайдағы және патология кезіндегі оқушылар денесінің сол жақ бөлігінде орналасқан тері бетіндегі БАН-ның температуралық көрсеткіштері.

Тоқ ішек, бүйрек, көк бауыр меридиандарының биологиялық активті нүктелері қалыпты жағдайындағы бионүктелерден аса қатты ауытқымаса да, статистикалық сенімділікпен қалыпты жағдайдағы температуралық көрсеткіштерден өзгерген.

Бұл жерде ескеретін бір ерекшелік дененің оң жақ бөлігінде орналасқан өкпе меридианының 2 – P9 Тай-Юань бионүктесі қалыпты жағдайдан ауытқыған өзгерісі тіркелсе, сол жақ бөлігінде орналасқан 2 – P9 Тай-Юань* бионүктесінде ол өзгеріс байқалмады. Сонда өкпе меридианының физиологиялық күйіне бүйрек ауруының кері әсері қауіпті еместігін көрсетеді. Оң жақ бөлігінде орналасқан өкпе меридианының биологиялық активті нүктесіндегі сенімділікпен расталған өзгерістің өзінде айтарлықтай ауытқушылық байқалмайды, кішкене ғана температуралық өзгеріске ұшыраған.

Қалыпты жағдайда жасөспірімдердің ағзасындағы оң және сол жақта симметриялы орналасқан тері бетіндегі 8 биологиялық активті нүктелерінің температурасы салыстырып сараптама жүргізетін болсақ, температуралық көрсеткіш оң жақ бөлігінде орналасқан бионүктелер 28,4±0,4 ÷ 30,4±1,8°С аралықтарында, ал сол жақ бөлігінде орналасқан бионүктелердің температуралық көрсеткіштері 28,4±2,3 ÷ 29,8±0,8°С аралықтарында тербеледі (1, 2-сурет). Дененің оң және сол жақ бөліктерінде симметриялы орналасқан бионүктелердің бір-бірінен аса қатты айырмашылық байқалмады, синхронды тербеледі. P9 Тай-Юань, P9 Тай-Юань*, V67 Чжи-Инь, F2 Син-Цзянь бионүктелерде температура кішкене жоғарылаған және G14 Хэ-Гу, V67 Чжи-Инь* бионүктелерде температураның басқалардан төмендеген мәні тіркелді.

Қалыпты жағдайдағы бионүктелердің температуралық көрсеткіштерін салыстырғанда олар мынадай мәндерге ие болды: C7 Шэнь-Мэнь – 28,7±1,32°С, C7 Шэнь-Мэнь* – 29,4±0,75°С; P9 Тай-Юань – 30,4±1,8°С, P9 Тай-Юань* – 29,8±0,8°С; G14 Хэ-Гу – 28,4±0,4°С, G14 Хэ-Гу* – 29,0±1,88°С, R1 Юн-Цюань – 28,9±0,7°С, R1 Юн-Цюань* – 29,8±0,2°С, R2 Жань-Гу – 29,3±0,1°С, R2 Жань-Гу* – 29,1±0,6°С, V67 Чжи-Инь – 30,2±0,4°С, V67 Чжи-Инь* – 28,4±2,3°С, F2 Син-Цзянь – 30,2±0,7°С, F2 Син-Цзянь* – 29,1±0,5°С, RP2 Да-Ду – 29,3±0,4°С, RP2 Да-Ду* – 28,8±1,1°С.

Бұл температуралық көрсеткіштердің нәтижелерінен бір мүшеге жауапты меридианның бионүктелері адам денесінің екі жағында, яғни оң, сол жақ бөліктерінде бірдей орналасқанын көрсетеді, зерттеуге алынған мүшенің физиологиялық күйін бағалау мақсатында нақты ақпарат көзі ретінде екі жақта орналасқан бионүктелердің әрқайсысын жеке қолдануға болады. Өйткені дененің екі жағында симметриялы орналасқан бионүктелердің биофизикалық қасиеттері синхронды келеді.

Екінші топтағы, бүйрек жетіспеушілігі бойынша топталған топтағы студенттердің биологиялық активті нүктелерінен тіркелген температуралық көрсеткіштері мүлдем басқа көрініс берді (1, 2-сурет).

Бүйрек патологиясы кезіндегі жасөспірімдердің ағзасындағы оң және сол жақтарындағы бионүктелердің температурасын салыстырғанда, температуралық көрсеткіш оң жақ бөлігінде орналасқан бионүктелерде 24,2±2,8 ÷ 29,3±1,0°С аралықтарында, ал сол жақ бөлігінде орналасқан бионүктелердің температуралық көрсеткіштері 23,7±1,9 ÷ 30,0±0,8°С аралықтарында тербеледі.

Қуық меридианынан таңдап алынған дененің оң және сол жақтарында орналасқан бионүктесінде төмендеген температуралық көрсеткіштер тіркелді. Зерттеуге алынған басқа мүшелердің меридиандарында ерекшеленген температуралық көрсеткіштер байқалмады. Бұл жерде де дененің оң және сол жақтарында симметриялы орналасқан биологиялық активті нүктелердің температуралық көрсеткіштерінде бір-бірінен айтарлықтай айырмашылық байқалмады, әрбір меридианның бионүктелерінде температура синхронды тербеледі, өздеріне тиесілі мүшенің физиологиялық күйін бағалауда біркелкі температуралық көрсеткіштерді беріп отыр.

Бүйрек жетіспеушлігі кезінде активті бионүктелердің температуралық көрсеткіштерін салыстырғанда олар мынадай мәндерге ие болды: C7 Шэнь-Мэнь – 27,8±0,3°С, C7 Шэнь-Мэнь* – 28,9±1,0°С; P9 Тай-Юань – 28,9±1,0°С, P9 Тай-Юань* – 30,0±0,8°С; G14 Хэ-Гу – 29,3±1,0°С, G14 Хэ-Гу* – 29,0±2,0°С, R1 Юн-Цюань – 27,2±1,4°С, R1 Юн-Цюань* – 27,8±0,3°С, R2 Жань-Гу – 27,5±0,2°С, R2 Жань-Гу* – 27,2±0,6°С, V67 Чжи-Инь – 24,2±2,8°С, V67 Чжи-Инь* – 23,7±1,9°С, F2 Син-Цзянь – 26,5±1,7°С, F2 Син-Цзянь* – 26,7±1,3°С, RP2 Да-Ду – 26,2±1,8°С, RP2 Да-Ду* – 26,7±1,0°С.

Қорыта келгенде, бүйрек патологиясы кезінде жасөспірімдердің ағзасындағы биоактивті нүктелердің температуралық көрсеткіштері қалыпты ағзадағы көрсеткішпен салыстырғанда айтарлықтай айырмашылықтарды береді. Бүй-

рек ауруына шалдыққан жасөспірімдердің бүйрек мүшесімен бірге қуық, тоқ ішек, көк бауыр мүшелеріне де көңіл бөлгендері жөн. Бұл мүшелердің асқынып ауруға шалдығуын күтпей-ақ профилактикалық мақсатта алдын-алу шараларын қолданғаны дұрыс болар еді.

Әдебиеттер

1 Дмитриева Н.В., Бурсикова Н.А., Лаврентьева В.М. (2010) Реализация программы «Здоровый ребенок» в условиях детского дошкольного образовательного учреждения. Российский педиатрический журнал. 3:50-51.

2 Баранов А.А. (2009) Научное направление подпрограммы «Здоровый ребенок» – практическому здравоохранению Российский педиатрический журнал. 2:53-54.

3 Сәтбаева Х.Қ., Өтепбергенов А.А., Нілдібаева Ж.Б. (2009) Адам физиологиясы: оқулық. – Алматы: Дәуір, ISBN: 978-6-10005 6563

4 Robyn Webber, David Tolley, James Lingeman. (2005) Kidney stones. Search date April Clin Evid 205.

5 Акшалова Л.М. (2009) Изучение показателей электропроводности корпоральных биоактивных точек кожи у разных возрастных групп людей. Актуальные вопросы современной биологии и биотехнологии. 59 республик. науч. конф. молодых ученых и студентов. – Алматы. 138-139.

6 Иванов В.И. (2010) Акупунктура: новейший справочник. Эксмо. 448.

7 Тулеуханов С.Т., Ефимов М.Л. (2009) Хронобиология и хрономедицина. Монография. – Алматы: Қазақ университеті. 203.

8 Тулеуханов С.Т. (2009) Хронобиология: теория и практика. Вестник КазГУ, серия биологическая. 2(10):3-7.

9 Шишелова Т.И., Малыгина Ю.С., Нгуен С.Д. (2012) Влияние шума на организм человека. Успехи современного естествознания. 8:14-15.

10 Тулеуханов С.Т. (2009) Биологические ритмы – фундаментальный закон живой природы Известия МО и Н РК. Серия биологическая и медицинская. 6(234):3-16.

11 Торманов Н.Т., Төлеуханов С.Т. (2013) Ағзалардың қызметін реттеу және бейімделу механизмдері Оқу құралы. – Алматы «Қазақ университеті. 38-39. ISBN: 878-05-12005-5

12 Төлеуханов С.Т., Торманов Н.Т. (2010) Адам физиологиясы/ – Алматы. 192 -197. ISBN: 55-0225-99992

13 Сәтбаева Х.Қ., Өтепбергенов А.А., Нілдібаева Ж.Б. (2005) Адам физиологиясы: оқулық. Алматы: Дәуір. 63-69. ISBN: 978-6-100005 626

14 Геккера Г., Стивлинга А., Пьюкера Э. (2008) Иллюстрированный атлас акупунктуры. Биологически активные точки тела, ушей, триггерные зоны. М, АСТ, Астрель. 244.

15 Абылайханова Н.Т. (2006) Қояндардың терісіндегі биоактивті нүктелердің электрөткізгіштік қасиеттерінің жылдың көктем мезгіліндегі қалыпты жағдайдағы және гипоксиядан кейінгі тәуліктік динамикасы ҚазҰАУ. Ізденістер, нәтижелер. 4:304-309.

16 Васильева Г.С., Арзыкулов Ж.А., Гончарова Т.Г., Насырова А.П., Фрязинова Т.С. (2003) Оценка современной структуры электропроводности БАТ у больных со злокачественными опухолями. Проблемы эволюции открытых систем. – Алматы: Эверо.160-168.

17 Мустафин А.М. (2010) Связь между биологически активными точками и психологическими функциями. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 7:89-110.

18 Hobbs B. (2009) Complementary Ther. Med. The application of electricity to acupuncture needles: A review of the current literature and research with a brief outline of the principles involved. 1:36-40.

19 Төлеусаринова А.М., Дүйсеғалиева Г.И., Құнанбай К., Төлеуханов С.Т., Төлеусаринова С.Т. (2007) Шығыс медицинасы: оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті. 148.

20 Елисеева Ю.Ю. (2006) Иглорефлексотерапия. Полный справочник. Эксмо. 608.

References

1 Dmitrieva NV, Bursikova NA, Lavrent'eva VM (2010) Implementation of the program «Healthy Child» in a preschool educational institution. Russian Journal of Pediatrics. [Relizatsiya programma «Zdorvy rebenok» v usloviyah detskogo doshkolnogo obrazivatelnogo uchrezhdeniya.]. Rossiyskiy padiatrichesky zhurnal. 3:50-51.(In Russian)

2 Baranov AA (2009) Scientific direction of the subprogram «Healthy Child» – practical health. Russian Journal of Pediatrics. [Nauchnoe napravlenie podprogrammy «Zdorovyy rebenok» – prakticheskomu zdravoohraneniyu] Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal.2:53-54. (In Russian)

3 Satbaeva HK, Otepbergenov AA, Nildibaeva JB (2009) Human physiology. Almaty Dauir. [Adam fiziologiyasy: okulyk.] ISBN: Almaty Dauir. 978-6-10005 6563 (In Russian)

4 Robyn Webber, David Tolley, James Lingeman. (2005) Kidney stones. Search date April Clin Evid 205;

5 Akshalova LM (2009) The study of the electrical conductivity performance corporal biologically active points of the skin in different age groups of people. Actual problems of modern biology and biotechnology. [Izuchenie pokazateley elektroprovodnosti korporalnyh bioaktivnyh tochek kozhi u raznyh vozrastnyh grupp lyudey. Aktualnye voprosy sovremennoy biologii i biotehnologii]. 59 respublik. scientific. Conf. molodyh uchenyh i studentov. Almaty.138-139. (In Russian)

6 Ivanov VK (2010) Acupuncture: new reference. Eksmo. [Acupuncture: noveyshiy spravochnik.] Eksmo. 448 (In Russian)

7 Tuleuhanov ST, Efimov ML (2000) Chronobiology and chronomedicine monograph. Almaty: Kazakh University. [Hronobiologi i hronomeditsina. Monograph.] Almaty: Kazakh Universitet. 203. (In Russian)

8 Tuleuhanov ST (2009) Chronobiology: Theory and Practice. biology series. [Chronobiology: teoriya i praktika.] Bulletin of KSU, seriya biologicheskaya, 2(10):3-7. (In Russian)

9 Shishelova TI, Malygina YS, Nguyen XD (2012) [VLIYaNIE ShUMA NA ORGANIZM ChELOVEKA] Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 8:14-15. (In Russian)

10 Tuleuhanov ST (2009) Biological rhythms – a fundamental law of nature [Biologicheskie ritmy – fundamentalnyy zakon zhivoy prirody] Izvestiya MO i H RK. Seriya biologicheskaya i meditsinskaya. 6(234):3-16. (In Russian)

11 Topmanov NT, Tuleyhanov S (2013) [Agzalapdyn kyzmetin pettey zhane beyimdely mehanizmderi] Oky kuraly. Almaty «Kazakh universiteti. 38-39 ISBN: 878-05-12005-5 (In Russian)

12 Toleyhanov ST, Topmanov NT (2010) Human fiziological. Almaty. [Adam fiziologiyacy] Almaty.192 -197 ISBN: 55-0225-99992 (In Russian)

13 Satbaeva NK, Otepbergenov AA, Nildibaeva JB, (2005) Human physiology. Almaty Dauir. [Adam fiziologiyasy: okulyk]. – Almaty Dauir. 112 ISBN: 978-6-100005 663 (In Russian)

14 Hecker G, Stivlinga A, Pyukera E (2008) Illyustrirovannyy atlas akupunktury. Biologicheski aktivnye tochki tela, ushey, triggernye zony / – M .: AST: Astrel. 244 (In Russian)

15 Abylayhanova NT (2009) Daily dynamics after hypoxia and normal spring period, the electrical conductivity properties of biologically active points of the skin of a rabbit. KazakhNU. Search and outputting. [Koyandardyn terisindegi bioaktivti nүktelerdin elektrotkizgishtik kasietterinin zhyldyn koktem mezgilindegi қalypty zhagdaydagy zhane gipoksiyadan keyingi tauliktik dinamikasy] KazNU. Izdenister, natizheler. 4:304-309. (In Russian)

16 Vasiliev GS., Arzykulov JA, Goncharova TG, Nasyrova AP, Fryazinova TS (2003) Evaluation of the modern structure of the electrical conductivity of BAP in patients with malignant tumors. Problems of evolution of open systems. Almaty. Avery. [Otsenka sovremennoy struktury elektroprovodnosti BAT u bolnyh so zlokachestvennymi opuholyami] Problemy evolyutsii otkrytyh sistem. Almaty: Avery. 160-168. (In Russian)

17 Mustafin AM (2010) The relationship between the biologically active points and psychological functions. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. [Svyaz mezhdu biologicheski aktivnymi tochkami i psihologicheskimi funktsiyami] Byulleten eksperimentalnoy biologii i meditsiny. 7:100-105. (In Russian)

18 Hobbs B (1999) Complementary Ther. Med. The application of electricity to acupuncture needles: A review of the current literature and research with a brief outline of the principles involved. 1:36-40. (In Russian)

19. Toleusarinova AM, Duysegalieva GI, Kunanbay K, Toleuhanov ST, Toleusarinova ST (2007) Oriental medicine textbook. Almaty: Kazakh University. [Vostochnaya meditsina: uchebnik]. – Almaty: Kazakh Universitet. 148 (In Russian)

20 Eliseeva YY (2006) Acupuncture. Full directory. Eksmo. [Iglorefleksoterapiya. Polnyy spravochnik] Eksmo. 608. (In Russian)

Чередниченко О.Г.

Институт общей генетики и цитологии МОН РК, Казахстан, Алматы

Комбинированное воздействие рентгеновского и γ-излучений на клетки периферической крови человека in vivo и in vitro

Представлены результаты изучения in vivo эффектов хронического влияния рентгеновского излучения на медицинских работников рентгенлабораторий, а также оценена радиочувствительность и способность лимфоцитов их периферической крови к формированию адаптивного ответа под действием дополнительного γ-излучения. Проведены in vitro эксперименты по изучению комбинированного воздействия Х- и γ- излучений на клетки периферической крови здоровых доноров. Изучение спонтанного уровня частоты хромосомных нарушений выявило значительное повышение аберраций как хромосомного так и хроматидного типов у обследованной группы по сравнению с контролем, что свидетельствует о мутагенном эффекте факторов профессиональной среды. Обнаружена высокая радиочувствительность к дополнительному γ-излучению и индукция большого количества мультиаберрантных клеток. В in vitro экспериментах с дробным облучением в адаптирующих дозах крови здоровых доноров рентгеновскими лучами и облучение этой же крови повреждающей дозой γ-излучения показывает, что адаптивный ответ формируется только при однократном облучении адаптирующей дозой.

Ключевые слова: Хромосомные аберрации, радиочувствительность, адаптивный ответ, γ-излучение, рентгеновское излучение.

Cherednichenko O.G.

Institute of General Genetics and Cytology, Kazakhstan, Almaty

Combined effects of x-ray and γ-radiation on cell human peripheral blood in vivo and in vitro

The results of the study in vivo effects of chronic influence of X-rays on rentgenlaboratory medical workers, as well as assessed the radiosensitivity and the ability of peripheral blood lymphocytes in the formation of an adaptive response to additional γ-radiation. Conducted in vitro experiments to study the combined effects of X- and γ- radiation on cells of peripheral blood from healthy donors. The study of the spontaneous frequency of chromosome aberrations level revealed a significant increase in chromosomal aberrations like and chromatid type in the surveyed group of radiologists compared to the control, indicating that the mutagenic effect of factors of professional environment. Correlations between age, duration of work in harmful conditions, and yield of chromosomal abnormalities have been identified. Nevertheless, some individuals retained the ability to form cells of the adaptive response of the reaction, resulting in lower overall frequency of chromosome aberrations, but of the aberrant cells. In in vitro experiments with fractional doses of irradiation in adapting healthy donor blood and X-ray irradiation of the same blood damaging γ-radiation dose it shows that the adaptive response is generated only at a single dose of irradiation adapting.

Key words: chromosomal aberrations, radiosensitivity, adaptive response, γ-radiation, x-rays.

Чередниченко О.Г.

Жалпы генетика және цитология институты РК БҒМ ҒК, Қазақстан, Алматы

Адамдардың перифериялық қан жасушаларына in vivo және invitro жағдайында рентген және γ-сәулеленудің кешенді әсері

Медициналық рентген зертханалары қызметкерлеріне рентген сәулелерінің созылмалы әсер ету тиімділігі in vivo жағдайында жүргізілген зерттеу нәтижелері, сондай-ақ, радиосезімділігіне баға беру және олардың лимфоциттерінің γ-сәулелену әсер етуіне адаптивті жауап түзуі келтірілген. Х- және γ- сәулеленулердің адамдардың перифериялық қан жасушаларына кешенді әсерін in vitro жағдайында тәжірибелер жүргізілген. Рентгенологтарда хросомдық аберрациялардың кездесу жиілігі бақылау тобымен салыстырғанда жоғары болды, кәсіби жұмыс ортасы факторларының мутагенді әсері бар екендігін көрсетеді.Жеке тұлғаларда хросомдық бұзылуларға алып келетін γ-сәулеленуге жоғары радиосезімталдығы мен мультиаберрантты жасушалардың басым бөлігінің индукциясы байқалады. Кейбір тұлғалардың жасушалары адаптивті жауап түзу реакциясын сақтап қалды, бірақ аберрантты жасушалардың емес, хромосомдық аберрациялар жиілігінің төмендеуін байқауға болады. γ-сәулеленуге жоғары сезімталдылық және мультиаберрантты жасушаларының көп болуының индукциясы байқалды, алайда, кейбір тұлғаларда адаптивті жауап реакциясының түзілуіне жасушалардың қабілеттілігі сақталып қалды. In vitro жағдайында дені сау донорлардың қанын бейімдеу мөлшерлі рентген сәулесімен бөлшектеп сәулелендіру және осы қанды γ-сәулесінің қарқынды бүлдіруші мөлшерімен сәулелендіру тәжірибелері жасалды.

Түйін сөздер: Хромосомдық абберациялар, радиосезімділік, адаптивті жауап, γ-сәулелендіру, рентген саулелендіру.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 575:599:539.1.047

Чередниченко О.Г.

Институт общей генетики и цитологии МОН РК,
Республика Казахстан, г. Алматы
E-mail: cherogen70@mail.ru

КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО И γ- ИЗЛУЧЕНИЙ НА КЛЕТКИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА IN VIVO И IN VITRO

Введение

Как известно, предварительное облучение клеток в диапазоне малых доз повышает их устойчивость к последующей экспозиции большой дозой радиации. В экспериментальных работах на разных биологических объектах показано, что ответная реакция клетки на слабое внешнее воздействие (адаптивный ответ), вероятно, является результатом каскада молекулярных событий, представляющих собой реализацию вариантов генетической программы, определяемой характером и интенсивностью внешнего воздействия [1]. В наших предыдущих исследованиях мы изучали формирование адаптивного ответа под влиянием малых доз различных факторов (радиация, тепловой шок, химические мутагены) и в перекрестных реакциях. Показано, что реакция адаптивного ответа формируется, не только в однофакторных экспериментах, но и в перекрестных реакциях, что может свидетельствовать об общности некоторых этапов, формирования адаптивного ответа. Однако, характер полученных цитогенетических нарушений, определяется природой не адаптирующего, а повреждающего агента. Аналогично, показано, что при изучении формирования адаптации к тепловому шоку и в перекрестных защитных реакциях индуцированных стауроспорином с использованием культур клеток кардиомиебластов крысы (H9c2) и миобластов мыши (C2c12) защитные эффекты адаптации культур клеток специфичны к типу повреждающего воздействия [2]. Полученные результаты согласуются с механизмом формирования адаптивного ответа, предложенным Бондарчуком, который также подтверждает, что повышение радиорезистентности может быть вызвано не только облучением клеток в малых дозах, но и обработкой их малыми дозами других физических и химических агентов. Это связано с тем, что плазматическая мембрана является очень чувствительным компонентом клетки, реагирующим на тонкие изменения окружающей среды, и запускающих в ответ на них каскады ферментативных реакций приводящих к индукции апоптоза, дифференциального деления, репарации ДНК или других клеточных ответов в зависимости от специфики конкретной ситуации [3]. В связи с этим нам показалось ин-

тересным изучить комбинированное воздействие двух видов электромагнитных излучений – рентгеновского и γ-, разделение между которыми весьма условно, т.к. их энергетические диапазоны перекрываются в широкой области энергий. Тем не менее, гамма-квантами являются фотоны с высокой энергией и чрезвычайно малой длиной волны – < 5×10^{-3} нм, а фотоны рентгеновского излучения имеют энергию от 100 эВ до 250 кэВ, и длиной волны 0,005 – 10 нм. При этом, существует некоторое разделение на рентген – обладающий наибольшей энергией фотона и частотой излучения (и наименьшей длиной волны), который используется преимущественно в промышленных целях и по своим характеристикам более близок к γ-излучению; и рентген характеризующийся наименьшей энергией фотона и частотой излучения (и наибольшей длиной волны), используемый как правило в медицинских и бытовых целях. Выбор именно этого типа рентгеновского излучения для своих экспериментов продиктован несколькими причинами – во-первых, именно ему подвергаются люди при медицинских обследованиях и работники рентгенлабораторий, а во-вторых, он по своим физическим характеристикам значительно отличается от γ-излучения.

Для изучения хронического влияния малых доз мутагенных факторов достаточно удобной моделью является когорта людей, профессионально подвергающихся воздействию радиации. В отличие от жителей экологически неблагоприятных регионов, где порой очень трудно вычленить преимущественный тип мутагенного воздействия, в данном случае мы можем даже говорить о типе радиационного воздействия. Ранее нами проведено обследование группы людей, подвергающихся γ-излучению в силу своей профессиональной деятельности [4]. Настоящая работа посвящена оценке хронического влияния рентгеновского излучения на медицинских работников рентгенлабораторий, изучению радиочувствительности и способности лимфоцитов их периферической крови к формированию адаптивного ответа под действием γ-излучения, а также проведены in vitro эксперименты по изучению комбинированного воздействия R- и γ- излучений на лимфоциты периферической крови человека.

Материалы и методы исследования

Проведено изучение частоты и спектра аберраций хромосом у 10 человек, работающих в медицинской рентгеновской лаборатории в возрасте от 25 до 59 лет, стаж работы от 4 до 31 лет. Контрольная группа состояла из двух подгрупп – жители п.Таусугур Алматинской области (41 человек), и г. Алматы (15 человек), не имевшие профессионального контакта с источниками ионизирующей радиации и не подвергавшиеся в последний год рентгеновскому обследованию. Эксперименты по изучению радиочувствительности и индукции адаптивного ответа проведены у 10 человек из каждой выборки. Образцы периферической крови отбирали в стерильных условиях из локтевой вены в гепаринизированные флаконы.

Культивирование лимфоцитов и приготовление препаратов проводили по следующей методике: к 0,5 мл периферической крови добавляли к 4,5 мл среды культивирования, состоящей из 80% среды HAMs с глютамином (2мМ), 20% сыворотки КРС (крупного рогатого скота), пенициллина 100 ед/мл, стрептомицина 100 ед/мл. Деление лимфоцитов стимулировали 2% р-ром ФГА (Панэко, Россия). Клетки инкубировали при 37° С в течение 48 часов. Для накопления метафазных пластинок в культуральную среду за 2 часа до фиксации вводили колхицин в конечной концентрации 0,8 мкг/мл. Для получения цитологических препаратов клетки гипотонизировали 0,075М KCl при 37°С 15 минут, фиксировали смесью метиловый спирт/ледяная уксусная кислота (3/1) и окрашивали 4% раствором красителя Гимза [5]. На каждый вариант просчитывали не менее 200 метафаз. При статистическом анализе определяли число клеток с аберрациями, а также число и тип аберраций на 100 проанализированных метафаз. Использовали стандартные методы статистического анализа [6].

В работе использовали также микроядерный тест в сочетании с цитокинетическим блоком цитохалазином В, который добавляли на 44 часу культивирования, фиксацию поводили на 72 часу культивирования [5]. Учет микроядер осуществляли при подсчете 1000 двуядерных клеток на каждый вариант [7].

Радиационная обработка: – цельную кровь в стеклянных флаконах подвергали воздействию γ-излучения на линейном электронном ускорителе ЭЛУ-2 с номинальной энергией ускоренных электронов 1,5 МЭВ при мощности доз для 0,05 Гр – 0,05 Гр/мин и для 2 Гр – 0,1 Гр/мин; воздействию рентгеновского излучения на медицинской рентгеновской установке в дозах 0,033 Гр; 0,066(0,033+0,033) Гр; 0,099 (0,033+0,033+0,033)

Гр; 0,13 (0,033+0,033+0,033+0,033) Гр при мощности дозы 1 Гр/мин в G_0-фазе клеточного цикла. Суммарную дозу рентгеновского излучения набирали последовательными облучениями образцов крови по 0,033 Гр с 0,5 ч. интервалом.

Адаптивный ответ индуцировали облучением образцов крови в G_0-стадии клеточного цикла адаптирующими дозами (0,05 Гр γ-излучения или рентгеновским излучением (0,033-0,13 Гр), повреждающее воздействие (2 Гр) проводили через 4 ч. на этой же стадии клеточного цикла. Далее клетки стимулировали ФГА и культивировали по описанной выше методике.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение частоты хромосомных аберраций в лимфоцитах лиц, работающих в рентгенлаборатории

Проведенный цитогенетический анализ работников рентгенлабораторий выявил повышенный выход, как числа аберрантных клеток, так и числа аберраций (хромосомного и хроматидного типов) (табл. 1).

Таблица 1 – Изучение радиочувствительности и способности к формирова-нию адаптивного ответа под воздействием γ-излучения, у лиц профес-сионально подвергающихся рентгеновскому излучению

Тип нарушений	Рентгенологи	Контроль (Алматы),%	Контроль (Таусугур),%
Результаты цитогенетического анализа			
Клеток с аберрациями	6,30±0,54*	1,86±0,50	0,87 ± 0,10
Всего аберраций	7,33±0,58*	1,86±0,50	0,87 ± 0,10
Хромосомного типа (всего)	4,79±0,47*	0,24±0,50	0,19 ± 0,05
Разрывы, фрагменты	3,36±0,40	0,24±0,50	0,19 ± 0,05
Дицентрики+кольца	0,86± 0,10	0	0
транслокации	0,56± 0,09	0	0
Хроматидного типа	2,54±0,30*	1,62±0,50	0,68 ± 0,09
Облучение 2 Гр (радиочувствительность)			
Клеток с аберрациями	31,30±1,04**	26,00±4,40	27,00±0,99
Всего аберраций	173,10±8,50*	31,00±4,60	30,20±1,03
Хромосомного типа (всего)	169,80±8,10*	20,00±1,26	22,00±0,93
Разрывы, фрагменты	95,80±4,50	14,00±1,10	16,00±0,81
Дицентрики+кольца	51,30±1,12	4,00±0,62	3,00±0,38
Транслокации	22,60±0,96	2,00±0,44	3,00±0,38
Хроматидного типа	3,40±0,40	11,00±3,10	8,20±0,61
Облучение 0,05/2 Гр (адаптивный ответ)			
Клеток с аберрациями	28,70±1,01	17,00±3,80	22,60±0,93
Всего аберраций	112,40±7,10***	18,00±3,90^{2*}	22,60±0,93***
Хромосомного типа (всего)	110,90±7,00***	10,00±3,00***	15,60±0,81***
Разрывы, фрагменты	68,20±1,04	8,00±2,70	12,60±0,74
Дицентрики+кольца	35,60±1,07	1,00±0,30	2,00±0,31
Транслокации	7,20±0,58	1,00±0,30	1,00±0,22
Хроматидного типа	1,30±0,25***	8,00±2,70	7,00±0,57

* Достоверность различий по сравнению с контролем p<0,01
** Достоверность различий по сравнению с контролем p>0,05
*** Достоверность различий по сравнению с 2 Гр p<0,01
^{2*} Достоверность различий по сравнению с 2 Гр p<0,05

Средняя частота клеток с хромосомными нарушениями у рентгенологов составила 6,3±0,54%, что более чем в три раза превышает контрольный уровень (г. Алматы) и в 7 раз (п. Таусугур). Индивидуальные колебания частот клеток с хромосомными нарушениями составили в основном 1-10%, у 5 человек она была относительно нормальной 1-3%, у 4-х 5-10% и у одной женщины обнаружено 19% аберрантных клеток, что вероятно связано с ее индивидуальной радиочувствительностью. Спектр хромосомных нарушений был представлен преимущественно аберрациями хромосомного типа, частота которых была в два раза выше 4,79±0,47%, чем аберраций хроматидного типа 2,54±0,3%. При этом почти треть аберраций хромосомного типа составляли обменные аберрации – дицентрики, кольца и транслокации (1,42±0,16%). Все это свидетельствует о мутагенном эффекте факторов профессиональной среды. Корреляции между возрастом, продолжительностью работы во вредных условиях и выходом хромосомных нарушений, хромосомного типа в частности, не было отмечено.

Радиочувствительность и адаптивный ответ индуцированный γ-излучением в лимфоцитах рентгенологов.

В большинстве мониторинговых исследований негативное влияние средовых факторов оценивается лишь по частоте хромосомных аберраций, не учитывая нарушений других генетических функций клеток. Исходя из этого, было изучено состояние радиочувствительности и адаптивного ответа у людей, хронически подвергающихся радиационному воздействию. Определение доли клеток с хромосомными аберрациями часто используют в качестве надежного количественного показателя радиочувствительности, т.к. с одной стороны, число таких поврежденных клеток четко зависит от дозы ионизирующего излучения, а с другой – отражая его летальное действие, этот критерий хорошо коррелирует с количеством погибающих клеток, оцениваемым по снижению способности к клонообразованию.

Для оценки радиочувствительности лимфоциты периферической крови рентгенологов и здоровых доноров (рис. 1) подвергали облучению (2 Гр γ-излучения) на G_0 стадии клеточного цикла. Радиочувствительность оценивали по степени увеличения хромосомных аберраций после in vitro облучения лимфоцитов периферической крови 2 Гр γ-излучения, по сравнению с аналогичными данными контрольной группы. Контрольным вариантом служили данные по индукции радиочувствительности и адаптивного ответа в лимфоцитах периферической крови здоровых доноров, также находящихся на G_0-стадии клеточного цикла (рис. 2).

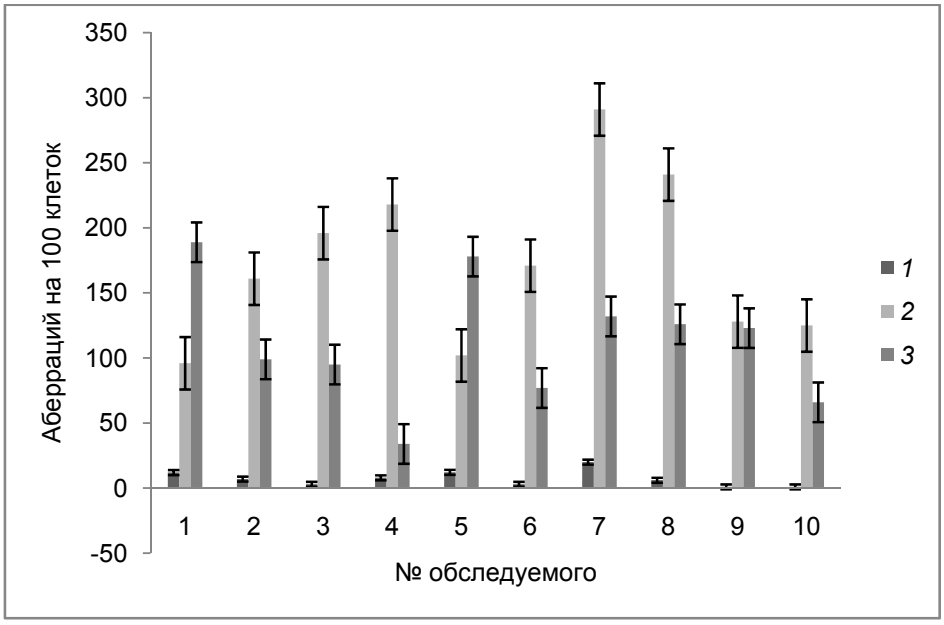


Рисунок 1 – Частота хромосомных аберраций в лимфоцитах рентгенологов при изучении радиочувствительности и формировании адаптивного ответа.

1 – спонтанный уровень; 2 – облучение 2 Гр; 3 – облучение 0,05/2Гр.

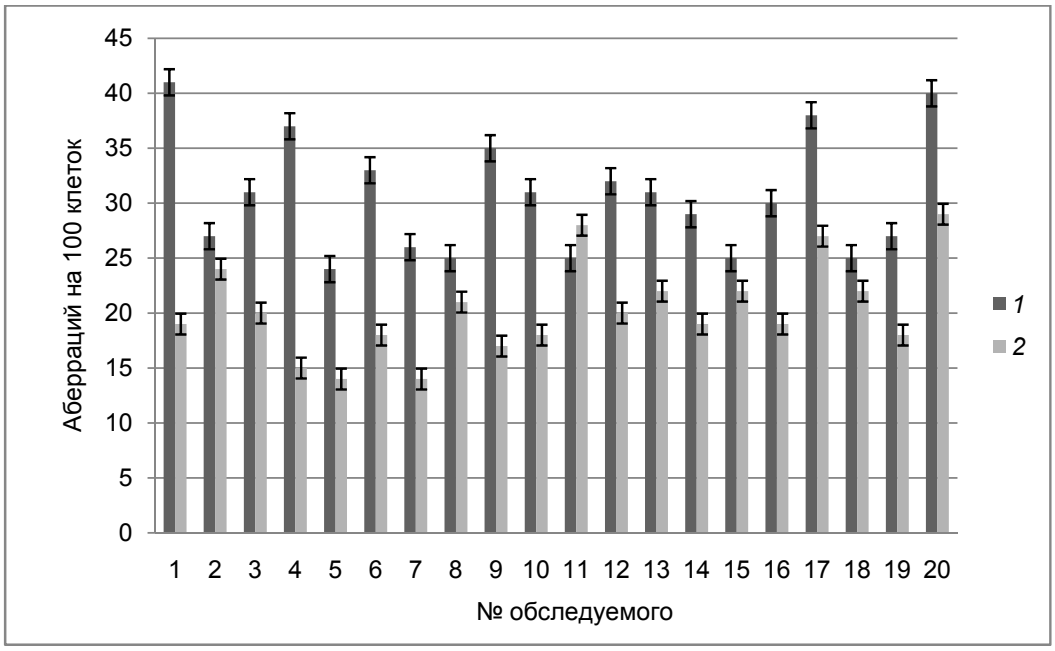


Рисунок 2 – Частота хромосомных аберраций в лимфоцитах здоровых доноов (1-10 – г. Алматы; 11-20 – п. Таусугур) при изучении радиочувствительности и формировании адаптивного ответа.

1 – облучение 2 Гр; 2 – облучение 0,05/2Гр.

Полученные данные показывают, что радиочувствительность у рентгенологов исходя из количества клеток несущих хромосомные аберрации в среднем по группе была несколько выше 31,3±1,04%, чем у здоровых доноров 26,0±4,4% (Алматы) и 27,0±0,99% (п. Таусугур), (табл.1), но эти различия не достоверны ($p>0,05$). Однако при анализе частот самих аберраций обнаружено, что при облучении лимфоцитов рентгенологов дозой 2 Гр γ-излучения индуцируется от 3,7 до 7,7 аберраций на одну аберрантную клетку. В среднем по группе более 170 аберраций на 100 клеток, т.е. наблюдается высокий радиосенсибилизирующий эффект.

К таким результатам привело большое количество мультиаберрантных клеток среди членов данной когорты людей. У отдельных индивидуумов они составляли до 30% от количества клеток, содержащих хромосомные нарушения. Мультиаберрантные клетки содержали по несколько дицентриков с соответствующим или избыточным содержанием ацентрических фрагментов, центрические и/или ацентрические кольца, транслоцированные хромосомы, встречались три- и полицентрические хромосомы. Практически все встречаемые аберрации были хромосомного типа и почти половина из них были обменного характера – дицентрики, кольца и транслокации.

Эксперименты по изучению способности к формированию реакции адаптивного ответа проводили по схеме с воздействием адаптирующих и повреждающих доз γ-излучения на лимфоциты периферической крови рентгенологов (0,05/2 Гр) в G_0-стадии с 4 ч. Интервалом и анализировали частоту хромосомных аберраций (табл.1, рис.1) и микроядер в лимфоцитах (рис.3). В этих условиях средняя групповая частота клеток с хромосомными нарушениями достоверно не изменилась – 28,7±1,01%, по сравнению с воздействием дозы 2 Гр γ-излучения –31,3±1,04% ($p>0,05$). Однако, если исходить из количества самих аберраций, то их частота снизилась довольно значительно – с 173,1 до 112,4, аберраций на 100 клеток, т.е. примерно на 35% ($p<0,01$). Достоверное снижение частоты аберраций происходит за счет снижения на 30% двойных разрывов и фрагментов, почти двухкратного снижения дицентриков+колец и троекратного снижения частоты транслокаций. При незначительной частоте аберраций хроматидного типа, по сравнению с аберрациями хромосомного типа, их частота также достоверно снизилась при индукции адаптивного ответа ($p<0,01$).

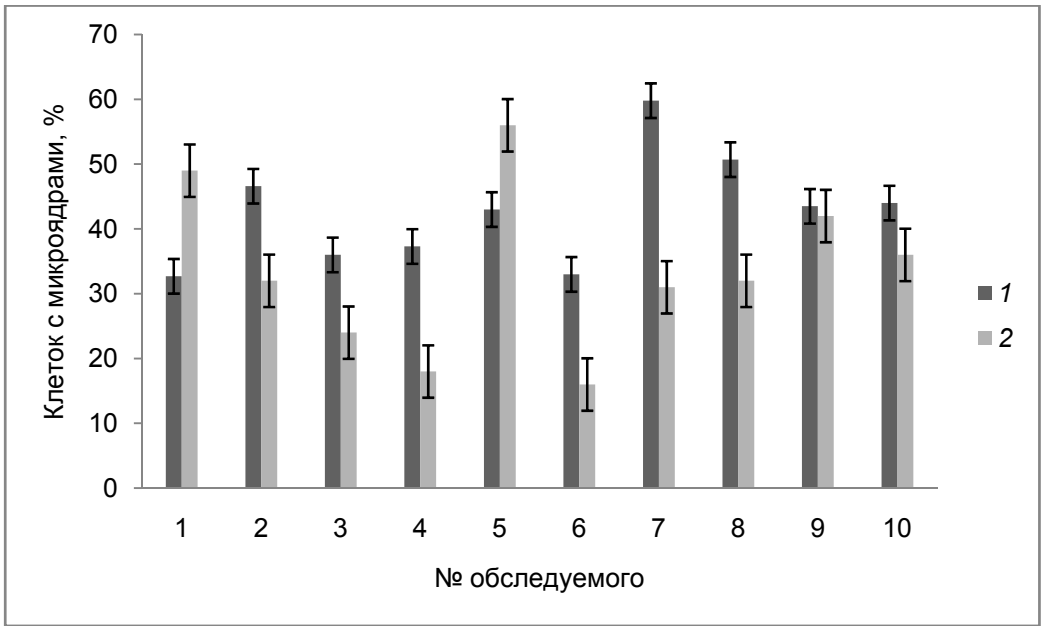


Рисунок 3 – Частота микроядер в лимфоцитах рентгенологов при изучении радиочувствительности и формировании адаптивного ответа.

1 – облучение 2 Гр; 2 – облучение 0,05/2Гр.

Тем не менее, при индивидуальном анализе обнаруживается гетерогенность обследованной группы – у семерых (№ 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10) рентгенологов формируется хорошо выраженный адаптивный ответ, у 1 (№ 9) наблюдается отсутствие данной реакции, а у двоих (№ 1, 5) наблюдается радиосенсибилизация (рис. 1). Аналогичная картина наблюдается и при изучении микроядер в лимфоцитах.

Изучение комбинированного воздействия рентгеновского и γ- излучений на клетки периферической крови человека in vitro

Индукция большого количества мультиаберрантных клеток и самих аберраций в лимфоцитах периферической крови у обследованной группы рентгенологов под воздействием γ- излучения требует дополнительных исследований. На данном этапе, мы склонны объяснять эти данные результатом комбинированного воздействия рентгеновского и γ–излучения. В связи с этим были проведены эксперименты in vitro с дробным (по 0,033 Гр) облучением в адаптирующих дозах крови здоровых доноров рентгеновскими лучами на медицинской установке (грубая имитация ежедневной работы рентгенологов), а затем облучением этой же крови через 4 ч. повреждающей дозой 2 Гр γ-излучения (табл. 2).

Как видно из представленных данных адаптивный ответ формируется только при однократном облучении адаптирующей дозой. Неоднократное (дробное) облучение, т.е. накопление нескольких адаптирующих доз Х-излучения, приводит к увеличению частоты хромосомных аберраций при облучении образцов крови повреждающей дозой 2 Гр (радиосенсибилизирующий эффект), что соответствует результатам, полученным у рентгенологов, которые постоянно подвергаются воздействию ионизирующего излучения в малых дозах и демонстрируют повышенную радиочувствительность. Кроме того, наблюдается тенденция к увеличению частоты аберраций на одну аберрантную клетку – от 1,3 при двухкратном облучении адаптирующей дозой до 1,8 при четырехкратном облучении, что также соотносится, хотя и не в такой степени, с результатами, полученными у рентгенологов.

Таблица 2 – Комбинированное воздействие рентгеновского (Х) (дробное адаптирующее) и γ-излучения (повреждающее) на лимфоциты человека in vitro

Вариант	Клеток аберрациями	Всего аберраций	Хромосом-ного типа	Хроматид-ного типа
0,033 Гр(Х)	3,0±1,21	3,0±1,21	2,0±0,98	1,0±0,70
0,033(Х)/2 Гр (γ)	15,0±2,52*	17,0±2,66*	13,0±2,38*	4,0±1,38*
0,066 Гр(Х)	5,0±1,54	6,0±1,68	4,0±1,38	2,0±0,98
0,066(Х)/2 Гр (γ)	35,0±3,37	45,0±3,52	38,0±3,43	7,0±1,80
0,099 Гр(Х)	6,0±1,68	7,0±1,80	5,0±0,98	2,0±0,98
0,099(Х)/2 Гр (γ)	30,0±3,24	49,0±3,53	41,0±3,48	8,0±1,92
0,13 Гр(Х)	8,0±1,92	9,0±2,02	8,0±1,92	1,0±0,70
0,13(Х)/2 Гр (γ)	34,0±3,35	61,0±3,45	56,0±3,51	5,0±0,98
2 Гр γ-излучения (г. Алматы)	26,0±4,40	31,0±4,60	20,0±4,00	11,0±3,10
2 Гр γ-излучения (п. Таусугур)	27,0±0,99	30,2±1,03	22,0±0,93	8,2±0,61

В аналогичных исследованиях проведенных нами ранее при изучении профессионалов-«физиков», контактирующих с источниками γ – излучения частота хромосомных аберраций составила 13,7±1,1%, что в два раза выше, чем у исследованной группы рентгенологов [4]. Вероятно, это связано с различием, интенсивности/эффективности действующих типов излучения, хотя и в той и другой группе воздействие не превышало предельно безопасных норм. Индивидуальные колебания частот хромосомных аберраций у них варьировали в пределах 8-17%. Корреляции между возрастом и продолжительностью работы во вредных условиях и выходом хромосомных нарушений также как у рентгенологов не было отмечено. Такая вариация соответствует сводке данных по индивидуальной изменчивости радиочувствительности [8], где показано, что в популяциях человека существует диапазон распределения особей по радиочувствительности: большая часть особей характеризуется средней чувствительностью к действию ионизирующей радиации, 14-20% оказываются заметно более радиорезистентными (гипочувствительными), а 10-20% – заметно более радиочувствительными (гиперчувствительными).

Разница в реакции на радиацию между гипо- и гиперчувствительными особями может быть многократной. В мировой литературе есть много данных, говорящих о разной индивидуальной радиочувствительности. Например, обнаружена широкая индивидуальная изменчивость по частоте вызванных радиацией аберраций хромосом в лимфоцитах периферической крови человека при одинаковой радиационной нагрузке [9]. При этом чувствительность людей к малым дозам облучения особенно велика: разные люди различались по этому признаку в 6,4 раза, а при дозах свыше 2,5 Гр – только в полтора раза [10]. При этом индивидуальные особенности в реакциях на лучевое воздействие обнаруживаются при однократных, фракционированных и хронических воздействиях в малых и больших дозах. Проявления индивидуальной радиорезистентности обусловлены специфическими и неспецифическими реакциями организма в ответ на облучение. В настоящее время выделены три компонента индивидуальной радиорезистентности: стабильный, полустабильный и лабильный. Стабильный – генетически детерминирован видом, полом, конституциональными особенностями и радиочувствительностью клеток критических систем. Полустабильный – обусловлен эмбриогенетическим, ранним постнатальным развитием и проявляется в функциональной активности основных управляющих систем организма. Лабильный – определяется функциональным состоянием индивидуума на данный момент времени. Стабильный и полустабильный компоненты характеризуют врожденную, а лабильный – приобретенную радиорезистентность [11]. Так как нами не обнаружено корреляции между частотой хромосомных нарушений, возрастом и стажем работы, вероятно, имеет место влияние, в той или иной степени,

всех, вышеперечисленных, компонент, однако частота хромосомных нарушений в 19% у одной женщины, со средними показателями возраста и стажа работы, скорее всего, обусловлена врожденной радиочувствительностью.

При хроническом облучении играют роль такие популяционные процессы, как, например, элиминация повреждений в ходе физиологического обновления клеточного состава, причем преимущественно элиминируются клетки с нарушениями и размножаются клетки с более резистентным генотипом, что приводит к снижению радиочувствительности популяции. С другой стороны, возможно возникновение генетической нестабильности, приводящей к возрастанию частоты генетических и функциональных нарушений [11]. В связи с этим, для полноты и объективности оценки действия генотоксикантов необходимо учитывать также их влияние и на универсальные защитные механизмы от экстремальных воздействий, которые клетки и организмы выработали в процессе эволюции, в виде радиочувствительности и радиоадаптивного ответа [12, 13]. Сведения, имеющиеся в отношении изменения этих генетически детерминированных функций, пока остаются разноречивыми [14,15]. По-видимому, нужны исследования этого вопроса в связи с условиями воздействия, типами воздействующих факторов их комбинаций и множества других подходов.

При изучении степени радиочувствительности и адаптированности (защищенности) рентгенологов от повреждающего воздействия высоких доз радиации при облучении их лимфоцитов 2 Гр γ-излучения, мы предполагали, что в качестве адаптирующих доз может выступать хроническое воздействие радиации в малых дозах, которое постоянно воздействует на организм при профессиональном контакте с радиоактивными источниками. Полученные данные, напротив, показали высокий радиосенсибилизирующий эффект, причины которого на данный момент неясны, особенно если учесть, что он проявляется не в увеличении клеток с аберрациями, а самих аберраций, т.е. как было показано выше, обнаружено большое количество мультиаберрантных клеток (МАК). Классические МАК объект пристального внимания радиобиологов и исследователей, занимающихся изучением механизмов образования хромосомных аберраций. Они встречаются довольно редко и при этом нет промежуточного класса в распределении аберраций по клеткам между сильно и слабо поврежденными, именно поэтому в радиобиологии содержащиеся в них аберрации не включают в общую частоту хромосомных нарушений [16, 17]. Как показано на рисунке 4 количество клеток с увеличением в них аберраций уменьшается, т.е. имеется промежуточный класс в распределении аберраций по клеткам.

Рисунок 4 – Распределение аберрантных клеток по числу содержащихся в них аберраций хромосомного типа

1 – облучение 2 Гр; 2 – облучение 0,05/2Гр.

Статистическая обработка показала, что полученное распределение не соответствует распределению Пуассона (для редко наблюдаемых событий). В связи с этим все наблюдаемые аберрации учитывали совместно. Возможно эффект индукции большого количества аберраций в лимфоцитах рентгенологов под воздействием 2 Гр γ-излучения связан с комбинированным воздействием двух видов электромагнитных излучений – рентгеновского и γ-, возможно он обусловлен синергизмом в действии радиации. Известно, что эффект радиации может многократно усиливаться при ее воздействии одновременно с другими факторами среды – химическими (пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др.) и физическими (электромагнитные, температурные воздействия) загрязнениями [18]. Известно также, что на фоне небольшого по величине хронического облучения разовое кратковременное дополнительное облучение дает эффект, много более значимый, чем при простом суммировании этих доз [19]. Вероятно, эффект такого взаимодействия радиации с другими факторами риска основан на сенсибилизации (повышении чувствительности) организма, испытавшего воздействие малых доз облучения к химическим мутагенам и канцерогенам.

В ранее проведенных исследованиях профессионалов-«физиков», контактирующих с источниками γ-излучения и облучение их крови дозой 2 Гр, в противоположность данным, полученным у рентгенологов (радиосенсибилизация), показано, что в среднем происходит снижение числа как аберрантных клеток, так и общего числа аберраций по сравнению с контролем (доноры не имеющие профессионального контакта с источниками ионизирующей радиации) (26%/16% и 30,2%/26,2%, соответственно ($P \leq 0,01$)). Эти данные свидетельствуют о повышении радиорезистентности клеток у облученной когорты по сравнению с контролем, т.е. в данном случае хронический контакт с источниками ионизирующей радиации (профессиональный контакт) стимулирует выработку защитных факторов. Отсутствие у данных лиц мультиаберрантных клеток и повышение радиорезистентности вероятно можно объяснить их контактом с источниками γ-излучения и воздействие этого же типа излучения в качестве повреждающего и адаптирующего воздействия.

Известно, что в лимфоцитах здоровых доноров под влиянием малых доз радиации формируется достаточно хорошо выраженный адаптивный ответ. В литературе имеется достаточно много сведений о том, что нарушение некоторых клеточных функций приводит к ослаблению или полному подавлению этой защитной реакции [20-23]. Не исключено, что воздействие факторов внешней среды, в том числе, длительное воздействие малых доз ионизирующей радиации, может каким-то образом, отражаться на процессе формирования адаптивной реакции нарушая работу ферментативных систем или контролирующих их генов. Индукция адаптивного ответа по используемой для экспериментов схеме у большинства рентгенологов, тем не менее, приводила к формированию адаптивного ответа, причем частота клеток с аберрациями также достоверно не изменилась, но значительно снизилось количество самих аберраций. Вероятно, повреждающая доза (2 Гр), независимо от индивидуума, состояния здоровья и подверженности его различным неблагоприятным факторам, способна индуцировать количество поврежденных клеток в коридоре частот примерно 25-35%. Таким образом, лимфоциты периферической крови рентгенологов, в среднем по группе, несмотря на высокую радиочувствительность, сохраняют способность к формированию адаптивного ответа.

Во всех вариантах исследования, включая проведенное ранее изучение лиц, профессионально контактирующих с источниками γ-излучения была выявлена гетерогенность группы как по радиочувствительности (наличие или отсутствие состояния защищенности), так и по способности к формированию адаптивного ответа (формирование АО, отсутствие достоверной реакции, радиосенсибилизация).

Полученные данные подтверждают предположение о гетерогенности популяций по способности к формированию адаптивного ответа [13]. Объяснить их, вероятно, можно наличием определенных нарушений, возможно, генетических, влияющих на проявление реакций адаптивного ответа, например, снижением репаративной способности, подавлением синтеза необходимых белков и т.д.

Проведение экспериментов in vitro демонстрирует, что фракционированное радиационное воздействие подавляет защитные функции клеток, в частности адаптивный ответ, и тенденцию к увеличению частоты аберраций на одну аберрантную клетку с накоплением адаптирующих доз.

Рассматривая в целом полученные данные по облучению лимфоцитов рентгенологов повреждающей дозой 2 Гр, ранее проведенные анало-

гичные исследования людей, профессионально контактирующих с источниками γ-излучения и эксперименты in vitro, можно предположить, что состояние радиорезистентности формируется в большей степени к соответствующему типу излучения и наблюдается радиосенсибилизация при их комбинации на фоне фракционированного воздействия малых доз одного из них. Данное предположение неоднозначно и требует дополнительных исследований.

Таким образом, проведена оценка действия рентгеновского и γ-излучения и их комбинаций в экспериментах in vivo и in vitro. Установлено значительное превышение частоты хромосомных нарушений в группе рентгенологов (7,3±0,58%) по сравнению с контролем. При этом в исследованной группе, в отличие от жителей экологически неблагоприятных регионов [24-25], в определенной степени сохраняется способность к формированию адаптивного ответа. Обнаружена высокая радиочувствительность и индукция большого количества мультиаберрантных клеток при комбинированном рентгеновском (in vivo) и γ- (in vitro) излучений. В in vitro экспериментах обнаружена та же тенденция комбинированного воздействия рентгеновского и γ-излучений, что и у рентгенологов.

References

1 Zasukhina GD (2008) The adaptive response – general biological rule: facts, hypotheses, questions. Radiation Biology. Radioecology [Adaptivnyi otvet – obshchebiologicheskaia zakonomernost': fakty, gipotezy, voprosy. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 4:464-473. (In Russian)

2 Monastyrskaia EA, Andreeva LV, Duchen MR (2003) Direct and cross-protective effects of adaptation to heat in the cell culture. Bulletin of Experimental Biology and Medicine [Priamye i perekrestnye zashchitnye effekty adaptatsii k teplu v kul'ture kletok. Biullleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny] 2:147-150. (In Russian)

3 Bondarchuk IA (2003) Analysis of the role of DNA repair, cell cycle regulation and apoptosis in a radiation-induced adaptive response of mammalian cells. Radiation Biology. Radioecology [Analiz roli reparatsii DNK, reguliatsii kletochnogo tsikla i apoptoza v radiatsionno-indutsirovannom adaptivnom otvete kletok mlekopitaiushchikh. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 1:19-28. (In Russian)

4 Akhmatullina NB, Makarenko NG, Iskandarova KA, Cherednichenko OG, Kim S (2002) Mathematical analysis of the effects of low doses of radiation. Radiation Biology. Radioecology [Matematicheskii analiz effektov malykh doz radiatsii. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 6:614-617. (In Russian)

5 Moorhead PS, Nowell PC, Mellman WJ (1960) Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood, Experimental Cell Research, 20: 613-616. DOI:10.1016/0014-4827(60)90138-5

6 Plokhinskii NA (1967) Algorithms biometrics [Alroritmy biometrii]. Moscow, Russia. ISBN 1702060000. (In Russian)

7 Fenech M, Chang W P, Kirsch-Volders M, Holland N, Bonassi S, Zeiger E (2003) HUMN project: detailed description of thescoring criteria for the cytokinesis-block micronucleus assay using isolated human lymphocyte cultures, Mutat. Res., 534:65–75. DOI:10.1016/S1383-5718(02)00249-8

8 Iablokov A.V. (2002) The myth of small doses of radiation safety [Mif o bezopasnosti malykh doz radiatsii]. Moscow, Russia. ISBN 5 – 901815 – 04. (In Russian)

9 Rubanovich AV(2006) The theory and practice of construction of calibration curves in Biodosimetry. Radiation Biology. Radioecology [Teoriia i praktika postroeniia kalibrovochnykh krivykh v biodozimetrii. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 46:447-456. (In Russian)

10 Gaziev AI (2011) Low efficiency of DNA repair critical damage caused by small radiation doses. Radiation Biology. Radioecology [Nizkaia effektivnost' reparatsii kriticheskikh povrezhdenii DNK, vyzyvaemykh malymi dozami radiatsii. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 5:512-529. (In Russian)

11 Darenskaia NG, Korotkevich AO, Maliutina TS, Nasonova TA (2000) Individual radioresistance and the principles of its formation. Aerospace and Environmental Medicine [Individual'naia radiorezistentnost' i printsipy ee formirovaniia. Aviakosmicheskaia i ekologicheskaia meditsina] 5:32-37. (In Russian)

12 Serebrianyi AM, Aleshchenko AV, Gotlib VIa, Kudriashova OV, Semenova LP, Pelevina II (2011) Radiation adaptive response as stress-response cells. Radiation Biology. Radioecology [Radiatsionnyi adaptivnyi otvet kak stress-reaktsiia kletki. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 4:399-404. (In Russian)

13 Pelevina I I, Aleshchenko AA, Antoshchina MM, Riabchenko NI, Semenova LP, Serebrianyi AM (2007) Individual variability in the manifestation of the adaptive response of human cells to the effects of ionizing radiation. The approaches to its definition. Radiation Biology. Radioecology [Individual'naia variabel'nost' v proiavlenii adaptivnogo otveta kletok cheloveka na vozdeistvie ioniziruiushchei radiatsii. Podkhody k ee opredeleniiu. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 6: 658-666. (In Russian)

14 Akleev AV, Aleshchenko AV, Gotlib VIa, Kudriashova OV, Semenova LP, Serebrianyi AM, Khudiakova OI, Pelevina II (2004) Adaptive capacity of lymphocytes in the blood of inhabitants of the Southern Urals, exposed to chronic radiation. Radiation Biology. Radioecology [Adaptivnye sposobnosti limfotsitov krovi u zhitelei Iuzhnogo Urala, podvergshikhsia khronicheskomu oblucheniiu. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 4:426-431. (In Russian)

15 Vasil'eva IM, Unzhakov SV, Meliksetova IA (1995) The adaptive response in lymphocytes of children from areas with high background ionizing radiation. Radiation Biology. Radioecology [Adaptivnyi otvet v limfotsitakh detei iz zony s povyshennym fonom ioniziruiushchei radiatsii. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 5:662-664. (In Russian)

16 Aseeva EA, Snigireva GP, Neverova AL, Novitskaia NN, Khazins ED, Domracheva EV (2009) Cells with multiple chromosomal abnormalities in a group of persons exposed to radiation in different situations, and their possible biological role. Radiation Biology. Radioecology [Kletki s mnozhestvennymi khromosomnymi narusheniiami v gruppakh lits, podvergshikhsia oblucheniiu pri razlichnykh situatsiiakh, i ikh vozmozhnaia biologicheskaia rol'. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 5:552-562. (In Russian)

17 Domracheva EV, Rivkind NB, Shklovskii-Kordi NE, Vorob'ev AI (1997) Multi Aberrant cells from residents of the territories contaminated with radionuclides due to the accident at the Chernobyl nuclear power plant, and the liquidators of the accident. Problems of Hematology and Blood Transfusion [Mul'tiaberrantnye kletki u zhitelei territorii, zagriaznennykh radionuklidami v rezul'tate avarii na Chernobyl'skoi atomnoi stantsii, i uchastnikov likvidatsii etoi avarii. Problemy gematologii i perelivaniia krovi] 2:12-19. (In Russian)

18 Petin VG, Zhuravskaia GL (2015) Influence of intensity of action of the agent on the manifestation of synergy. Radiation Biology. Radioecology [Vliianie intensivnosti deistvuiushchikh agentov na proiavlenie sinergicheskogo vzaimodeistviia . Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 6:598-607. (In Russian)

19 Pelevina II, Aleshchenko AV, Antoshchina MM, Biriukov VA, Reva EV, Minaeva NG (2015) Change radiosensitivity after irradiation in small doses, possible mechanisms and patterns. Radiation Biology. Radioecology [Izmenenie radiochuvstvitel'nosti posle oblucheniia v malykh dozakh, vozmozhnye mekhanizmy i zakonomernosti. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 1:57-62. (In Russian)

20 Pelevina II, Oradovskaia IV, Mansurova IuG, Aleshchenko AV, Antoshchina MM, Kudriashova OV, Lizunova E Iu, Nikonova MF, Osipov AN, Riabchenko N I, Feoktistov VV, Serebrianyi A M (2010) Communication molecular cell performance and immune status of blood lymphocytes accident liquidators of the Chernobyl. Radiation Biology. Radioecology [Sviaz' molekuliarno-kletochnykh pokazatelei i immunnogo statusa u limfotsitov krovi likvidatorov avarii na ChAES. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 5:501-507. (In Russian)

21 Serebrianyi AM, Antoshchina MM, Aleshchenko AV, Kudriashova OV, Nikonova MF, Riabchenko NI, Iarilin AA (2013) Cytogenetic and immunological parameters stimulated human peripheral blood lymphocytes are associated with cell proliferation rate. Radiation Biology. Radioecology [Tsitogeneticheskie i immunologicheskie pokazateli stimulirovannykh limfotsitov perifericheskoi krovi cheloveka sviazany so skorost'iu proliferatsii kletok. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 6:549-555. (In Russian)

22 Osipov AN, Lizunova EIu, Vorob'eva NIu, Pelevina II (2009) Induction and repair of double-strand DNA breaks in human lymphocytes irradiated in a dose of adapting. Radiation Biology. Radioecology [Induktsiia i reparatsiia dvunitevykh razryvov DNK v limfotsitakh krovi cheloveka, obluchennykh v adaptiruiushchei doze. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 1:42-45. (In Russian)

23 Mikhailov BF, Mazurik VK, Ushenkova LN, Nadezhina NM, Galstian .A, Raeva NF (2006) The study of molecular manifestations of genomic instability in persons exposed to ionizing radiation at clinically relevant doses. Radiation Biology. Radioecology [Issledovanie molekuliarnykh proiavlenii nestabil'nosti genoma u lits, podvergavshikhsia vozdeistviiu ioniziruiushchei radiatsii v klinicheski znachimykh dozakh. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 3:322-336. (In Russian)

24 Akleev AV, Aleshchenko AV, Kudriashova OV, Semenova LP, Serebrianyi AM, Khudiakova OI, Pelevina II (2011) The adaptive response of blood lymphocytes as an indicator of the state of hematopoiesis in irradiated individuals. Radiation Biology. Radioecology [Адаптивный ответ лимфоцитов крови как индикатор состояния гемопоэза у облученных лиц. Radiatsionnaia biologiia. Radioekologiia] 6:645-650. (In Russian)

25 Khandogina EK, Mutovin GR, Zvereva SV, Antipov AV (1991) Adaptive response in irradiated human lymphocytes: radiobiological and genetic aspects, Mutat.Res., 251:181-186. DOI:10.1016/0027-5107(91)90073-W

4-бөлім

МОЛЕКУЛАЛЫҚ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА

Раздел 4

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА

Section 4

MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS

Бисенбаев А.К.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы
Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии

Эксцизионная репарация оксидативно поврежденных оснований ДНК в растениях

Активные формы кислорода вызывают повреждение всех клеточных макромолекул. Повышенный уровень активных форм кислорода приводит к гибели, как клеток растений, так и животных, что указывает на общность механизмов действия свободных радикалов кислорода. ДНК является основной мишенью для радикалов кислорода. В настоящее время описано 80 разных типов повреждений ДНК связанных с радикалами кислорода, включая разрывы в цепи ДНК и модификации сахаров. Окислительное повреждение оснований ДНК в основном являются субстратом эксцизионной репарации оснований. Механизмы репарации таких повреждений ДНК является объектом интенсивных исследований у бактерий, дрожжей и клеток млекопитающих, малопонятными и прак¬тически не изученными остаются эти проблемы в растениях, пренебрегая при этом особым статусом растений среди живых существ и их сельскохозяйственной ценностью. Последние данные в области изучения репарации ДНК у высших растений указывают на то, что растения используют механизмы, аналогичные тем, которые присутствуют в других эукариотических организмах.

Ключевые слова: Активные формы кислорода, Эксцизионная репарация, ДНК-гликозилаза, АР-эндонуклеаза, ДНК-полимераза.

Bissenbaev A.K.

Al-Farabi Kazakh National university, Kazakhstan, Almaty
Scientific Research Institute of biology and biotechnology problems

Base Excision Repair of Oxidative DNA lesions in plants

Reactive oxygen species cause damage to all cellular macromolecules. Increased level of reactive oxygen species triggers cell death in plant and animal organisms indicating common mechanisms and targets of the free radicals action. DNA is the main cellular target for reactive oxygen species, currently, about 80 different types of oxidative damage to DNA have been identified including strand breaks, base and sugar modifications. In cells reactive oxygen species generate mostly non-bulky DNA lesions, the majority of which are substrates for the base excision repair. Until now, molecular characterizations of the DNA repair mechanisms have been mainly focused on E. coli, yeast and mammalian cells. To keep genome integrity and to assure faithful transfer of genetic information during cell division, living organisms develop several distinct DNA repair systems that remove and/or tolerate the DNA lesions. Although DNA repair mechanisms are well studied in bacteria, yeast, nematode and mammalian cells, little is known about the base excision repair pathway in plant. Recent advances in the study of DNA repair in higher plants show that they use mechanisms similar to those present in other eukaryotes to remove oxidized bases and other oxidative DNA lesions.

Key words: Reactive oxygen species, Base excision repair, DNA-glycosylase, AP-endonuclease, DNA-polymerase.

Бисенбаев А.Қ.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
Биология және биотехнология мәселелері ғылыми-зерттеу институты

Өсімдіктерде тотыға зақымданған ДНҚ негіздерінің эксцизиялық репарациясы

Оттегінің белсенді формалары бүкіл клеткалық макромолекулалардың: мембраналық липидтер, белоктар мен нуклеин қышқылдарының зақымдануына алып келеді. Оттегінің белсенді түрлерінің жоғары мөлшері өсімдік клеткаларымен қатар жануар клеткаларын өлімге душар етуі оларда оттегінің бос радикалдарының әсер ету механизмдерінің ортақтығын көрсетеді. ДНҚ оттегі радикалдарының негізгі нысаны болып табылады. Қазіргі уақытта оттегінің радикалдарымен байланысты ДНҚ тізбегіндегі үзілістер мен қанттардың модификациясын қамтитын 80 түрлі ДНҚ зақымданулары белгілі. ДНҚ негіздерінің тотыға зақымданулары негіздердің экцизиялық репарациясының субстраты болып табылады. Мұндай ДНҚ зақымдануларының репарациялану механизмі сүтқоректілер клеткасы, ашытқылар мен бактерияларда қарқынды зерттеу объектісі болып табылады. Алайда ауылшаруашылық маңыздылығына және тірі организмдер арасындағы ерекше орнына қарамастан өсімдіктерде бұл проблемалар әлі де түсініксіз және іс жүзінде зерттелмеген күйде қалуда. Жоғары сатыдағы өсімдіктерде ДНҚ репарациясын зерттеу бағытындағы соңғы деректер өсімдіктер басқа эукариоттық ағзаларда кездесетін механиздерге ұқсас механизмдерді қолданатынын көрсетеді.

Түйін сөздер: Оттегінің белсенді формалары, Эксцизиялық репарация, ДНҚ-гликозилаза, АР-эндонуклеаза, ДНҚ-полимераза

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 577.2.04

Бисенбаев А.К.

Казахский Национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы
Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии
E-mail: amangeldy.bissenbaev@kaznu.kz

ЭКСЦИЗИОННАЯ РЕПАРАЦИЯ ОКСИДАТИВНО ПОВРЕЖДЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ДНК В РАСТЕНИЯХ

Введение

Клеточная ДНК является объектом активного действия различных агентов экзогенного и эндогенного происхождения. При этом, окислительное повреждение ДНК, вызванное активными формами кислорода (АФК) считается основным типом эндогенных клеточных повреждений. Оксидативное повреждение ДНК под действием радикалов кислорода происходит непрерывно во время нормального клеточного метаболизма, под действием ионизирующего и УФ- излучения, а также редокс-активных соединений. Так как остатки оснований предоставляют важную информацию, потеря такового компонента приводит к ошибочному синтезу или к остановке работы ДНК полимеразы. Что, в свою очередь, ведет к мутациям и к замыканию репликативной вилки во время репликации и транскрипции. Такие повреждения могут привести к нестабильности генома, в виде хромосомных аберрации и дефектов экспрессии генов, в конечном счете, к патологии и дисфункции на клеточном и тканевом уровне связанные с дефектами в репарации ДНК [1]. В клетке существует несколько путей репарации ДНК. Поврежденные азотистые основания удаляет система эксцизионной репарации оснований (BER) [2]. Хотя механизмы репарации таких повреждений ДНК является объектом интенсивных исследований у бактерий, дрожжей, нематод и клеток млекопитающих [3], малопонятными и практически не изученными остаются эти проблемы в растениях [4].

Растения не могут изменять своё положение в грунте, и поэтому постоянно подвергаются воздействию экологических и генотоксических агентов, в том числе ультрафиолетовому и ионизирующему излучению [4]. Всё это, в первую очередь, действует на клеточную ДНК, вызывая её повреждения. Поскольку развитие половых клеток (гамет) и соматических клеток у растений не разделено, т.е. половые клетки растений, образуются из обычных соматических тканевых клеток, мутаций, образуемые в этих клетках напрямую передаются в половые клетки.

Таким образом, в растениях репарация ДНК является не только фундаментальным клеточным процессом для защиты клеток от повреждений, но также отвечает за правильную пе-

редачу генетической информации от одного поколения к другому. Следовательно, в растениях, возможно, существует сильное эволюционное давление на развитие систем репарации ДНК.

Источники окислительного повреждения ДНК

Растения непрерывно генерируют активные формы кислорода (АФК) в качестве побочных продуктов метаболических реакции клетки, которые происходят в хлоропластах, митохондриях и пероксисомах [5]. АФК генерируемые в хлоропластах в качестве побочных продуктов фотосинтеза включают синглетный кислород ($^1O_2$) и супероксид радикал (O_2•), тогда как в пероксисомах продуцируются в основном O_2• и пероксид водорода (H_2O_2). В темное время суток, большая часть АФК накапливается за счет функционирования митохондрий, которые в основном формируют O_2• в результате последовательного одновалентного восстановления кислорода в цепи переноса электронов [6,7]. АФК также активно генерируются в реакциях катализируемых оксидазами и пероксидазами в ответ на действие определенных факторов окружающей среды, таких как патогенны и другие стимулы, которые играют важную роль в развитии растений [8]. Система NADPH-оксидазы в плазматической мембране является одним из активных механизмов накопления АФК, который в основном генерирует O_2•. NADPH-оксидаза участвует в нескольких физиологических процессах, таких как «окислительный взрыв», который является одной из наиболее ранних реакции растений на любые стрессовые воздействия (как биотической, так и абиотической) [9]. Накопление АФК в клетке может быть вызван под воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды таких как, озон [10], УФ [11] и ионизирующего излучения [12]. Время *полужизни,* реакционные и диффузионные способности разных типов АФК сильно влияют на их повреждающий эффект. H_2O_2 является относительно стабильным, внутриклеточное содержание которой достигает до микромолярной концентрации, остальные радикалы кислорода характеризуется очень коротким временем *полужизни*. O_2• могут быт преобразованы в H_2O_2 в реакциях катализируемом супероксиддисмутазой (СОД) и возможно, из H_2O_2 может образовываться гидроксид-радикал (ОН•), который является весьма сильным окислителем. Подсчитано, что среднее расстояние диффузии ОН• до вступления в реакцию с клеточным компонентом составляет всего 3 нм, примерно средний диаметр типичного белка [13]. Поэтому ОН• должен накапливаться в непосредственной близости от ДНК, чтобы окислить его.

Против окислительного стресса у растительной клетки выработана антиоксидантная система. Эта система состоит из антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутаза, аскорбатпероксидаза, каталаза и др.) и низкомолекулярных антиоксидантов, таких как глутатион, аскорбиновая кислота, каротиноиды, токоферолы и др. Степень цитотоксического повреждения компонентов клетки вызванного АФК, в конечном счете, зависит от баланса между антиоксидантными системами и АФК продуцирующими механизмами. низкомолекулярные антиоксиданты играют важную роль в сбалансированном ответе на генерацию АФК. Так, у мутантой формы арабидопсиса с повышенной чувствительностью к озону обнаружено дефицит аскорбиновой кислоты, и данное растение также показал высокую чувствительность к другим АФК генерирующим факторам, таким как диоксид серы и УФ-излучение [14].

Типы окислительного повреждения ДНК

Около 80 типов окисленных форм молекул ДНК было обнаружено. Чувствительный анилитический метод с использованием 8-гидроксидеоксигуанозина (8-OHdG) для выявления окисленных молекул ДНК позволяет исследование реакций окислений ДНК *in vivo*. Необходимо отметить, что результатом взаимодействия АФК с молекулой ДНК является структурная модификация азотистых оснований, разложение пятичленного кольца дезоксирибозы, а также расщепление сахаро-фосфатного остова, что ведет к фрагментации этого полимера (рисунок 1). Гидроксильный радикал, атакуя С5-С6 двойные связи, продуцирует окси-6-ил и 6-гидрокси-5-ил радикалы, которые в дальнейшем вступая в реакцию, приводит к образованию многочисленных стабильных повреждений ДНК [15]. Большая часть продуктов окисления пиримидинов представляет собой тимин-гликоль, 5,6-дигидро-тимин и цитозин-гликоль [16]. При дезаминировании цитозин-гликоль превращается в урацил-гликоль, тогда как дезаминирование и дегидрация цитозина приводит к образованию 5-гидроксиурацила [17]. Кроме этого, под действием АФК ароматические кольца пиримидинов могут подвергаться к фрагментации с образова-

нием метил-*тартронил*-мочевины, 5-гидрокси-*гидантоина*, N-формил-мочевины или мочевины [18]. Гидроксильный радикал также реагирует с пуринами, при этом взаимодействие происходит с С4-, С5- и С8- атомами пуринов [19]. Среди модифицированных пуриновых оснований особенно часто встречается 7,8-гидро-8-гидроксигуанин (8-охоG) (в стационарном состоянии 0,07–145 аддуктов/106 нт), которые образуют пару с А, и вызывает трансверсии G→T . Кроме того он, как и многие другие модифицированные нуклеотиды, может включаться в ДНК из внутриклеточного пула модифицированных dNTP, образуя пару с С или А, при этом вызывая трансверсии не только G→T, но и A→C . Другой окисленный вариант гуанина 2,6-диамино-4-гидрокси-5-формамидопиримидин (FaPyGua) [15]. Менее изученными являются окисленные производные аденина, которые включают в себя 8-охо-аденин и 4,6-диамино-5-формамидопиримидин (FaPyAde) [20].

Помимо прямого окисления, основания, молекула ДНК может быть повреждена, опосредовано, в результате реакции с промежуточными продуктами свободно-*радикального окисления* других макромолекул. Одним из основных источников опосредованного окидативного повреждения оснований является перекисное окисление липидов, вызванное атакой радикалами кислорода полиненасыщенных жирных кислот. В числе продуктов этого процесса – малондиальдегид, кротональдегид и акролеин. Малондиальдегид реагирует с остатками гуанина в составе ДНК с образованием так называемого M1G аддукта, пиримидопуринона [21]. В свою очередь акролеин и кротональдегид приводит к образованию этено-аддуктов, таких как этено-А и этено-С [22].

Дополнительным источником оксидативного повреждения ДНК является свободно радикальная модификация дезоксирибоз. Окислительной атаке АФК дезоксирибоза подвержена в положении С1, что ведет к появлению участка без основания (апуриновые/ апиримидиновые сайты, АР-сайт), и С4, что вызывает фрагментацию дезоксирибозы [1]. Если в обеих цепях ДНК АР-участки располагаются друг против друга или фрагментация дезоксирибозы произошла вблизи, то появляются двунитиевые разрывы ДНК.

Окислительные повреждения имеют разные генотоксичные эффекты. Крайние формы окисленных пиримидинов, такие как мочевина, сильно блокирует репликацию ДНК [23], тогда как оксидативно поврежденные пиримидины, сохраняющие интактное кольцо, например дигидротимин, как правило, не блокируют синтез ДНК, и ДНК полимераза легко обходит такие повреждения в составе ДНК [24].

Как отмечалось выше, действие АФК на ДНК является одной из причин возникновения многочисленных модифицированных азотистых оснований, которые удаляются ДНК-гликозилазами. Однако специфическая ДНК-гликозилазная реакция приводит к образованию АР-сайтов и, как следствие, в ДНК может генерироваться одно – и двунитевые разрывы. Общее число АР-сайтов, образующихся в течение дня в геномной ДНК отдельной клетки человека, оценивается в ~10 000 [174], а по другим оценкам может достигать в клетках разных тканей человека и грызунов 50 000–200 000 [1]. Обычно, в отсутствие репарации, АР-сайты приводят к заменам нуклеотидов (АР-сайт→Т), а также могут быть источником мутаций со сдвигом рамки считывания и других мутаций [2]. Образование АР-сайтов может быть следствием спонтанной депуринизации ДНК, однако модификация азотистых оснований с участием АФК и других свободных радикалов рассматривается в качестве одной из основных причин этого явления.

ДНК-гликозилазы ключевой фермент BER механизма репарации

Окислительное повреждение оснований ДНК в основном репарируются с помощью BER механизма репарации [2]. Этот процесс инициируется ферментами ДНК-гликозилазами. ДНК-гликозилазы относительно небольшие (молекулярная масса приблизительно 30-50 кДа) мономерные белки, которые не требуют кофакторов для проявления их активности. В BER механизме репарации ДНК, ДНК-гликозилаза расщепляет N-гликозидную связь между поврежденным основанием и сахарофосфатным остовом, в результате чего на месте повреждённого звена образуется АР-сайты и/или одноцепочечные разрывы в ДНК, которые в последующем тоже должны подвергаться процессингу для продолжения BER. ДНК-гликозилазы классифицируются на две большие группы: Монофункциональные и бифункциональные [2].

Монофункциональные ДНК-гликозилазы расщепляют N-гликозидную связь между поврежденным основанием и сахарофосфатным остовом, в результате образуются АР- сайты (рисунок 2). АР-сайты, служат субстратами для

АР-эндонуклеаз, которые гидролизуют фосфодиэфирную связь непосредственно с 5’-стороны от АР-сайта и приводит к появлению одноцепочечного разрыва с 3’- концевой ОН-группой, служащей субстратом для ДНК-полимераз, и 5’- концевым остатком 2’-дезоксирибозо-5’-фосфата (dRP). Для завершения репарации необходим репаративный синтез ДНК (заполнение бреши) и последующее лигирование разрыва. Однако, бифункциональные ДНК-гликозилазы не только генерируют АР-сайты (расщепляют N-гликозидную связь), но и удаляют поврежденные основания через β и δ,β-элиминацию, что приводить к накоплению генотоксичных разрывов с 3’- блокирующими группами (рисунок 1 и 2).

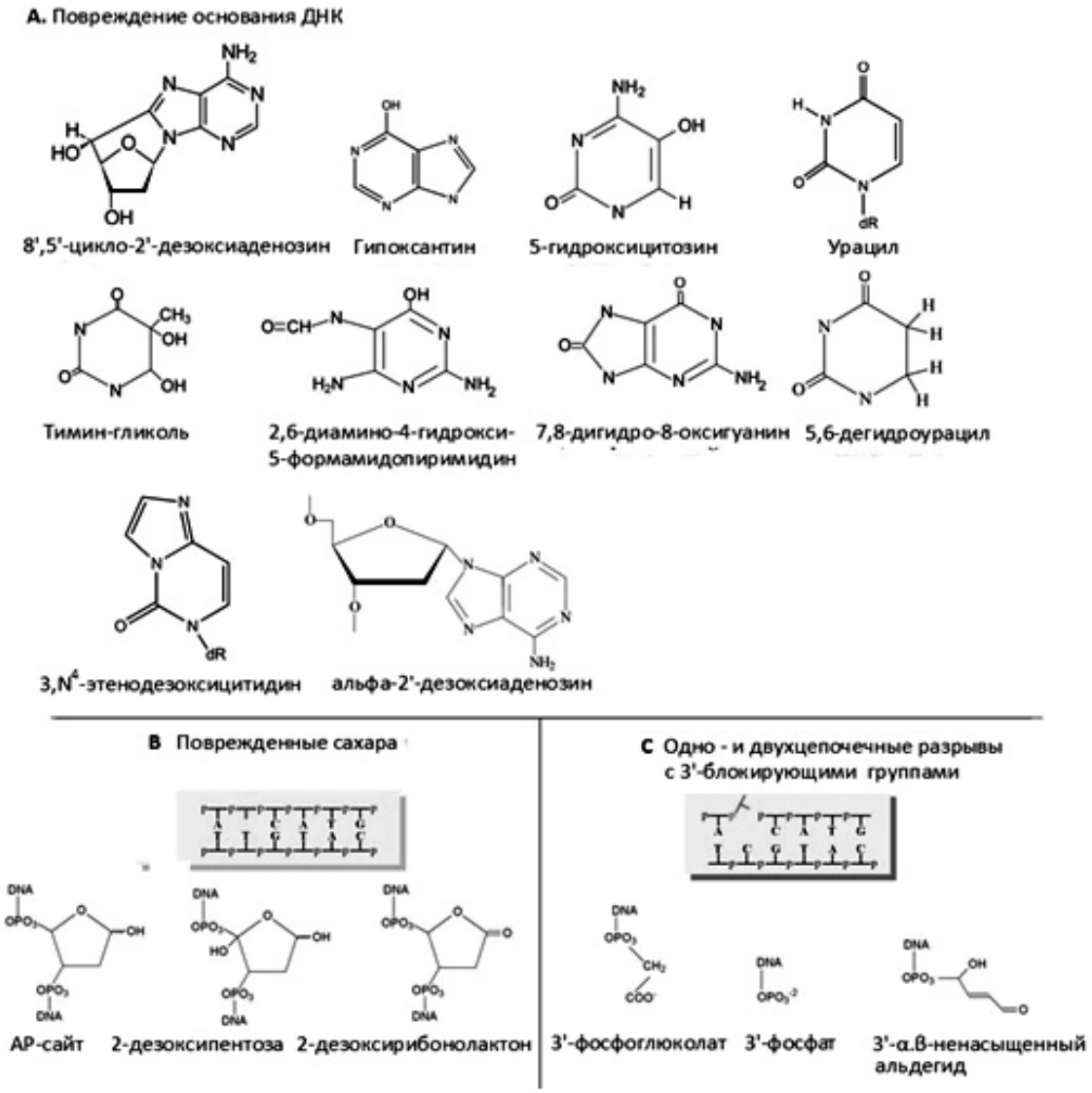
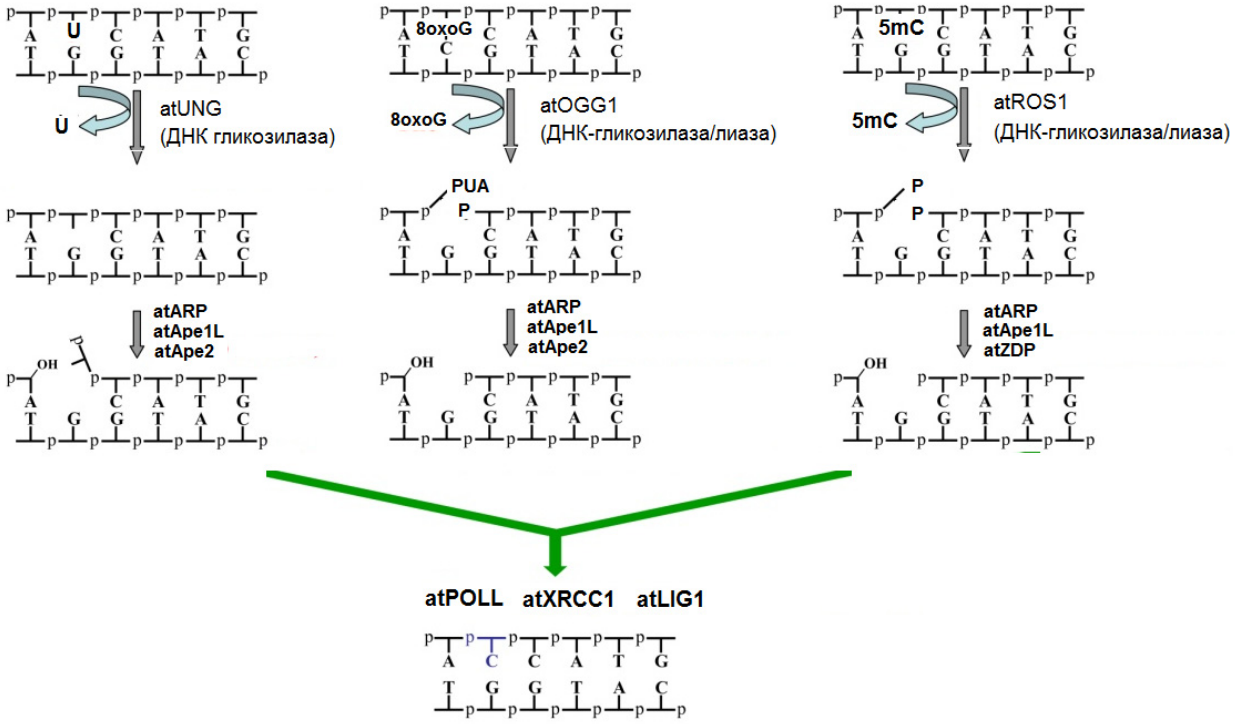


Рисунок 1 – АФК индуцируемые модификации основания ДНК



Обозначения: PUA- 3' фосфо-α,β-ненасыщенный альдегид; P-остаток фосфорной кислоты

Рисунок 2 – BER механизмы репарации ДНК

Несколько ДНК-гликозилаз специфичных окисленным основаниям ДНК выявлены у про- и эукариот. Показано, что большинство из этих ферментов относятся бифункциональным ДНК-гликозилазам/лиазам и удаляют структурно близкие повреждения. Несмотря на то, что эти ферменты обладают более или менее широкой субстратной специфичностью, в общем, в клетке оксидативно – поврежденные основания распознаются пиримидин или пурин-специфичными ферментами. В *Escherichia coli* специфичной к окисленным пиримидинам ДНК гликозилазой является – фермент Nth (эндонуклеаза III) [25]. Nth проявляет активность по отношению ко многим повреждённым пиримидиновым основаниям в составе ДНК. Структурный и функциональный гомолог Nth выявлен в растениях арабидопсис и обозначена как atNth1 (таблица 1) [26]. atNth1 проявляет ДНК-гликозилазную активность на различных ДНК субстратах с поврежденными пиримидинами, а также способна удалять мочевину и тиминогликол из двухцепочечной ДНК. Кроме этого, фермент также обладает апурин/апиримидин лиазной активностью на УФ- и гамма – облученных субстратах ДНК. У большинства ДНК-гликозилаз в их структуре содержатся определенные ДНК связывающие мотивы, что позволяет их отнести к одному из трех суперсемейств. Последовательность atNth1 содержит все характерные для белков этого суперсемейства (Nth) мотив «спираль-шпилька-спираль»(HhH), а также железосерный кластер типа Fe4S4, который удерживается четырьмя консервативными остатками Cys. Присутствие консервативного остатка Lys в 240 положений в atNth1 обеспечивает правильную АР-лиазную активность фермента [26]. Этот критический важный остаток Lys сохраняется во всех функционально охарактеризованных гомологах Nth и отсутствует в структуре других ДНК-гликозиаз со сходной последовательностью, но без АР-лиазной активностью [27]. Геном арабидопсиса кодирует также второго предполагаемого гомолога Nth (AtNTH2), как у *Saccharomyces cerevisiae* (таблица 1)[28]. Детальный филогенетический анализ белков суперсемейства HhH позволило сгруппировать эти два гомолога из каждого вида (*Arabidopsis thaliana* и *S. cerevi-*

siae) вместе, что указывает на то, что они являются паралогичными генами, возникшими в результате дупликации генов после дивергенции растений и дрожжей [29]. У *S.cerevisiae* показано, что два гомолога Nth *локализованы в разных* структурных образованиях клетки, т.е. в ядре и митохондрии. Однако данных о субклеточной локализации atNth1 и atNth2 отсутствует.

Таблица 1 – Белки, участвующие в репарации оксидативно поврежденных оснований и одноцепочечных разрывов ДНК [4]

	E. coli	*S.cerevisiae*	*H. sapiens*	*A. thaliana*
Распознавание повреждений и разрывов цепи ДНК				
Эксцизия окисленных пиримидинов	Nth	Ntg1p, Ntg2p	NTH1	AtNTH1, AtNTH2
Эксцизия окисленных пуринов	MutM	-	-	AtMMH
	-	Ogg1p	OGG1	AtOGG1
Эксцизия окисленных пуринов и пиримидинов	Nei	-	NEIL1, NEIL2, NEIL3	-
Эксцизия аденина в паре с 8-oxoG	MutY	-	MYH	AtMUTY
Эксцизия этено-А и этено-С	MUG	-	TDG	-
Заполнение брешей на цепи ДНК				
Удаление 3’-dRP после β – элиминации	Xth	Apn2p	APEX1, APEX2	AtArp, AtAPE1, AtAPE2
Удаление 3’-фосфатной группы после β, δ -элиминации	-	Tpp1p	PNKP	AtZDP
Связывание с одноцепочечными разрывами	-	-	PARP-1, PARP-2	AtPARP1, AtPARP2, AtPARP3
Структурные и каркасные белки	-	-	XRCC1	AtXRCC1
Синтез ДНК и лигирование				
ДНК полимеразы семейства А	PolI	-	-	-
	-	-	POLB	-
ДНК полимеразы семейства Х	-	Pol4p	POLL	AtPOLL
NAD+ – зависимая ДНК-лигаза	LigA	-	-	-
АТР-зависимая ДНК-лигаза	-	Cdc9p	LIG1	AtLIG1

В *E. coli* имеется вторая группа ДНК-гликозилаз репарирующие окисленные пиримидины, так называемая Nei (Эндонуклеаза VIII) [30]. ДНК-гликозилазы суперсемейства эндонуклеазы VIII (formamidopyrimidine_DNA glycosylase/ endonuclease eight (Fpg/Nei)) выделяются на основе характерной структуры, включающей в себя *N*-концевой и *C*-концевой домены, связанные гибким линкером. Основу *N*-концевого домена составляет двухслойный β-сэндвич, состоящий из восьми антипараллельных складок. С-концевой домен содержит характерный для всего суперсемейства ДНК-связывающий мотив спираль–два поворота–спираль, а также во многих случаях – цинковый палец типа Cys4, состоящий из двух антипараллельных β-складок [30]. Хотя в геноме человека содержится три гена Nei ДНК-гликозилазы [30], в геноме растений гомологов Nei ДНК-гликозилазы не обнаружено. Эволюционная история ДНК-гликозилаз суперсемейства Nei сопровождалась неоднократными случаями исчезновения кодирующих их генов из определенных ветвей. Это может быть связано с тем, что известные функции белков Nei фактически дублируются другими ДНК-гликозилазами – членами структурного суперсемейства Nth .

Фермент MutM в *E. coli* является архетипичной ДНК-гликозилазой для репарации ок-

сидативно поврежденных пуринов в составе ДНК. Так как фермент способен удалять метилированный аналог Fapy-Gua (mFapy-Gua), фермент впоследствии получил название формамидопиримидин-ДНК-гликозилаза (Fpg). После того, как было показано, что ДНК-гликозилаза, специфичная к основаниям 8-oxoG, идентична Fpg, фермент получил еще одно название – 8-оксогуанин-ДНК-гликозилаза. Следовательно, этот фермент представляет собой ДНК-гликозилазу/лиазу, что вырезает 8-oxoG из ДНК через механизм δ,β-элиминации, оставляя на месте поврежденного звена однонуклеозидную брешь, обрамленную фосфатными группами. Следует отметить, что Fpg удаляет из ДНК не только окисленные остатки пуринов (8-oxoG, FapyG, FapyA), но и некоторые окисленные пиримидины, например, дигидроуридин. Fpg выщепляет oxoG из пар с цитозином, которые образуются при окислении гуанина в составе двуцепочечной ДНК, и обладает низкой активностью по отношению к субстратам, содержащим oxoG напротив аденина, что позволяет избежать неправильной репарации пары 8-oxoG:A к T:A. Пара 8-oxoG:A распознается гликозилазой MutY *E. coli* (гомолог эндонуклеазы III, выщепляющей из ДНК тиминовые гликоли, цитозиновые гидраты и другие повреждения). Эта гликозилаза обладает лиазной активностью, удаляет A из ДНК и вносит разрыв в сахарофосфатный остов. Гены сходные с MutY выявлены и охарактеризованы у некоторых эукариот, включая архей[31].

Клетки эукариотических организмов, включая дрожжей и человека содержат структурные или функциональные гомологи этих бактериальных ферментов. Удаление остатков 8-оксогуанина из ДНК эукариот осуществляет 8-оксогуанин-ДНК-гликозилаза (OGG1). Хотя последовательность OGG1 не идентична к бактериальному MutM белку, впервые OGG1 обнаружено у *S. cerevisiae* [32], позже у млекопитающих [33].

Фермент OGG1 является бифункциональной ДНК-гликозилазой/β-лиазой, он способен расщеплять N-гликозидную связь поврежденного основания с образованием свободного 8-oxoG, а затем катализировать разрыв 3'-фосфодиэфирной связи, т.е. удаляет 8-oxoG по механизму β- но не δ,β-элиминации. Интересно, ядерный геном растений кодирует функциональные гомологи обоих, MutM и OGG1 ферментов [34–36] (Таблица 1).

В клетках растений арабидосис с гена гомолога mutM (AtMMH) в результате альтернативного сплайсинга образуется два транскрипта и высокомолекулярный вариант фермента (AtMMH-1) проявляет активность к 8-oxoG в паре с цитозином, гуанином и тимином, но не с аденином [34]. В настоящее время данные относительно ферментативной роли и субстратной специфичности другой формы AtMMH отсутствует. Два гена кодирующие гомолога бактериального MutM белка обнаружена у однодольных растений [37].

Гомолог OGG1 (AtOGG1) является бифункциональной ДНК-гликозилазой/лиазой, который также удаляет 8-oxoG по механизму β-элиминации из ДНК-дуплекса содержащей пару 8-oxoG:C [36]. Инактивация ДНК-гликозилаз в одноклеточных организмах приводит к снижению жизнеспособности из-за повышенного уровня мутагенеза за счет увеличения эндогенно образуемых 8-oxoG. Показано, что экспрессия AtOGG1 в мутантных по генам mutM и mutY штаммах *E. coli* полностью подавляет дефект в репарации 8-oxoG [35,36]. Субстратная специфичность и кинетические параметры AtOGG1 детально исследованы [37]. AtOGG1 эффективно выщепляет oxoG и Fapy-Gua в составе двуцепочечной ДНК содержащей множественные повреждения вызванные под действием ионизирующего излучения [38]. AtOGG1 преимущественно удаляет oxoG из пар с цитозином, и обладает низкой активностью по отношению к паре oxoG:A. Показано, что растения с двойным нокаутными мутациями по генам AtMMH и AtOGG1 (с T-ДНК вставками) не имеют какие-либо отклонения в фенотипе, хотя генерация 8-oxoG в их ДНК не была исследована [39]. Гены atOGG1 и AtMMH активно экспрессируются в различных тканях растений, что указывает важность этих ферментов в росте и развитии растений [40]. Так как среди представителей эукариот ортологичные гены к прокариотическим MutM имеются только у растений, высказано предположение о том что, в процессе эволюции этот ген, возможно, *перенесен* из древнего *хлоропласта* в *ядро* [41, 42]. Если дело обстоит именно так, возможно, роли AtOGG1 и AtMMH могут быть связаны с их различным филогенетическим происхождением, с ядерной функцией для AtOGG1 и AtMMH для репарации хлоропластной ДНК. Однако, внутриклеточное локализация этих ферментов до сих пор неизвестны. Геном арабидопсиса кодирует предполагаемый ортолог MutY ДНК-гликозилазы *E. coli*, который, возможно, удаляет аденин из пары 8-oxoG:A, однако, данный фермент до сих

пор функционально не охарактеризован. Известно, что в бактериях и млекопитающих BER механизм репарации удаляет не только оксиленные основания, но и экзоциклические аддукты, такие как этено-А и этено-С, которые генерируются под действием промежуточных продуктов свободно-*радикального окисления* липидов (кротональдегид и акролеин). Такого характера повреждения оснований репарируются с помощью мисматч-специфичной урацил ДНК-гликозилазой *E. coli* (MUG) и в клетках человека тимин ДНК-гликозилазой (TDG) [43]. Так как в растениях гомологичные гены к этим ДНК-гликозилазам не идентифицированы, остается открытым вопрос о том, как происходит репарация экзоциклических аддуктов генерируемых эндогенными продуктами перекисного окисления липидов. Необходимо отметить, что перекисное окисление липидов было предложено в качестве одного из основных факторов ухудшения всхожести семян [44]. Показано, строгая корреляция между утратой жизнеспособности семян и накоплением промежуточного продукта перекисного окисления липидов -малондиальдегида[45].

У млекопитающих, пост-репликативное метилирование цитозина по 5 атому углерода (5mC) в ДНК обеспечивает молекулярную основу эпигенетической регуляции экспрессии генов. Метилирование ДНК имеет важное значение для развития организма, дифференцировки клеток, геномном импринтинге и в репрессии мобильных элементов генома. Около 60–70 % всех CpG-динуклеотидов у млекопитающих метилированы. Неметилированные CpG-динуклеотиды сгруппированы в т. н. «CpG-островки», которые присутствуют в 5’ регуляторных областях многих генов[46]. Недостатком этого способа регуляции экспрессии генов является то, что спонтанное дезаминирование 5mC генерирует тимин, что приводит к образованию неправильной G:T пары, которые, если не репарировать приводит мутациям в виде C→T транзиции в CpG динуклеотидах.

В клетках млекопитающих TDG и Метил–CpG-специфическая эндонуклеаза (MBD4/MED1) предотвращают мутагенное воздействие дезаминирования 5mC вырезанием тимина из G:T пары в CpG-контексте, который затем заменяется на цитозин по BER механизму репарации [44, 45]. Белок MBD4 млекопитающих был идентифицирован в ходе поиска полипептидов, содержащих метилсвязывающий домен (methyl-binding domain, MBD) и способных связывать ДНК с большим количеством последовательностей 5-mCG. MBD4 белок связывается с CG-метилированной ДНК за счет MBD-домена в N-концевой части. С-конец белка содержит отдельный домен, обладающий каталитической активностью по отношению к T или U напротив G и наиболее специфичный к этим гетеродуплексам в составе 5-mCG-последовательностей .

Как отмечалось выше гомолога TDG ДНК-гликозилазы не обнаружено в растениях. Однако, предполагаемый гомолог гена MBD4 обнаружен в *Arabidopsis thaliana* и обозначена как MBD4L (похожий на MBD4 белок). В белке MBD4L отсутствует метилсвязывающий домен, но он имеет консервативный ДНК-гликозилазный домен с критическими аминокислотными остатками для распознавания субстрата и катализа реакции. Белок MBD4L вырезает урацил (или тимин), расположенный напротив G, однако, проявляет низкую активность по отношению к производным цитозина, таким как 5-метилцитозин и 5-гидроксиметилцитозин. У растений 5-метилцитозин можно обнаружить в динуклеотидах CG и тринуклеотидах CNG (T-C, A или T). Профиль метилирования, сильно влияющий на функциональное состояние гена, стабильно передается в ряду клеточных поколений. С этой точки зрения, для организмов с большой продолжительностью жизни и интенсивной тканевой регенерацией (позвоночные, растения) надежная система эпигенетической наследственности (типа метилирования ДНК) жизненно необходима [46]. Следовательно, можно предположить, что MBD4L играет важную роль в предотвращении мутагенного воздействия дезаминирования 5mC и в регуляции экспрессии генов в растениях [47].

Как отмечалось выше, растительный геном подвергается значительному изменению в характере метилирования цитозина во время развития и в ответ на факторы окружающей среды. У *A. thaliana* ферменты семейства 5mC-ДНК гликозилаз, ROS1, DME, DML2, DML3 участвуют в регуляции импринтинга и сайленсинга генов [48]. Эти ферменты являются бифункциональными ДНК гликозилазами, поэтому помимо ДНК-гликозилазной активности, они обладают АР-лиазной активностью. Эти ферменты за счет ДНК-гликозилазной активности вырезают метилированный цитозин (5mC), затем образованный в результате АР-сайт расщепляют с помощью реакции элиминации межнуклеозидных фосфатов при реакциях β-элиминации и/или β/δ-элиминации. Конечным продуктом действия

5mC-ДНК гликозилаз являются разрывы ДНК с 5’-концевым фосфатом и 3’- концевым фосфо-α,β-ненасыщенным альдегидом (3’-PA), или образуется однонуклеотидный разрыв ДНК с 5’-концевым фосфатом и 3’-концевым фосфатом (3’-P). Таким образом, активное деметилирование генома инициированное 5mC-ДНК гликозилазами в растениях приводит к образованию высоко генотоксичных разрывов цепей ДНК, содержащие нелигируемые 3’-блокирующие группы. Эти 3’-блокирующие группы репарируются BER механизмом, предполагая, что функционально такая репарация нужна не только для удаления повреждения в ДНК, но также для регуляции развития растений и экспрессии генов.

Последующие реакции BER механизма репарации ДНК

В механизме репарации BER требуется четыре или пять ферментов которые участвуют в основных стадиях реакции по восстановлению поврежденных оснований. Они включают в себя ДНК гликозилазы, АП эндонуклеазы, ДНК полимеразы и ДНК лигазы [2]. Специализированные ДНК-гликозилазы опознают и удаляют поврежденные или модифицированные азотистые основания ДНК с образованием AP- сайта (рисунок 2). AP-сайт генерируется в результате расщепления N-гликозидной связи между сахарофосфатным остовом и поврежденным основанием и в результате удаления модифицированного азотистого основания.

AP-эндонуклеаза 1 (APE1/HAP1/Ref-1) является одним из ключевых ферментов репарации ДНК в клетках человека [49]. В процессе BER, APE1 специфически связывает апуриновые/апиримидиновые сайты, образующиеся в ДНК после удаления окисленного основания ДНК-гликозилазой, и гидролизует 5’-фосфодиэфирную связь AP-сайта с образованием 3’-гидроксила и 5’-фосфата. После этого ДНК-полимераза удаляет 5’-дезоксирибозофосфат (dRp) и застраивает образовавшуюся брешь, а ДНК-лигаза лигирует концы разрыва, восстанавливая интактную последовательность ДНК.

AtNTH1 и AtOGG1 являются бифункциональной ДНК-гликозилазой/лиазой, поэтому помимо ДНК-гликозилазной активности, они обладают AP-лиазной активностью. Следовательно, эти ферменты расщепляют AP-сайт с помощью реакции элиминации межнуклеозидных фосфатов при реакциях β-элиминации. В результате генерируются разрывы ДНК с 5’-концевым фосфатом и 3’- концевым фосфо-α,β-ненасыщенным альдегидом (3’-PA). Эти 3’-концевые блокирующие группы должны быть удалены на последующих этапах перед началом репаративного синтеза ДНК (рисунок 2). Этот процесс катализируется AP-эндонуклеазой, который также удаляют AP-сайты образуемые после удаления модифицированных оснований под действием монофункциональных ДНК-гликозилаз и генерируемых путем спонтанной апуринизации гетероциклических оснований [49]. При этом эти АП-эндонуклеазы разрезает фосфодиэфирную связь на 5’-конце повреждённого дезоксинуклеотида с образованием на 3’-конце разрыва гидроксильной группы, на 5’-конце – фосфатной. Образование 3’-гидроксильной группы делает возможным дальнейший репарационный синтез ДНК.

Геном широко используемого модельного организма *A. thaliana* кодирует три предполагаемых гомологов главной человеческой АП-эндонуклеазы 1 (APE1): *Arp, Ape1L* и *Ape2*. Ген AP-эндонуклеазы (ARP) растений арабидопсиса частично охарактеризована, и показана редокс функция этого фермента на транскрипционных факторах человека [50].

Генетические исследования показали, что *A. thaliana* дефицитные по одному из *Arp, Ape1L* и *Ape2* генов не приводит к появлению заметных аномальных фенотипических признаков по сравнению с диким типом [51]. Однако двойные нокаутные мутации по генам *Ape1L* и *Ape2* летальны, тогда как мутанты по *Arp* в комбинации с любым из *Ape1L* и *Ape2* не летальны [51]. Эти данные позволяют предположить, что *Ape1L* и *Ape2* востребованы для репарации эндогенных повреждений ДНК, которые происходят во время развития семян и/или для процессинга 3’-концевых блокирующих групп во время активного деметилирования ДНК инициированного различными 5mC-ДНК гликозилазами растений.

На данный момент не имеется никакой детальной информации о биохимических свойствах и ДНК субстратной специфичности растительных белков Arp и Ape2, так и о присутствии 3’-фосфатазной и 3’-фосфодиэстеразной активностях этих двух растительных AP-эндонуклеаз. Недавно мы впервые клонировали и охарактеризовали кДНК пшеницы, кодирующего гомолога AP-эндонуклеазы семейства ExoIII, которые включают Xth *E. coli*, человеческий APE1 и AtApe1L *A. thaliana* [52]. Мы очистили AP- эн-

донуклеазу пшеницы до гомогенного состояния, условно обозначив ее как TaApe1L, и дали характеристику ДНК субстратной специфичности при различных повреждениях ДНК. Показано что TaApe1L обладает АП эндонуклеазной, 3'-фосфодиэстеразной, 3'-фосфатазной и 3'→5' экзонуклеазной активностями. Изучение кинетических параметров ферментативных реакций показало, что TaApe1L удаляет 3'-блокирующий сахарофосфат и 3'-фосфатные группы с очень большой эффективностью (k_{cat}/K_M = 630 и 485 $\mu M^{-1} \cdot min^{-1}$, соответственно), но сравнительно с человеческим гомологом, этот фермент обладал очень низкой АР-эндонуклеазной активностью.

В противоположность к AtNTH1 и AtOGG1, бифункциональая ДНК-гликозилаза AtMMH катализирует разрезание АР-сайта через механизм δ,β-элиминации, оставляя на месте поврежденного звена однонуклеозидную брешь с 3'-фосфатной группой. В клетках млекопитающих 3'-фосфатная группа превращается в 3'-ОН с помощью фермента полинуклеотид киназа (PNKP) [53]. Фермент PNKP также удаляет 3'-фосфатную группу с одноцепочечных разрывов инициируемых под действием ионизирующего излучения [54]. Впервые фермент (ZDP) с фосфотазной активностью к 3'-фосфатной группе одноцепочечных разрывов был выявлен и очищен у кукурузы [55]. Гомолог данного фермента у арабидопсис (AtZDP) также проявляет 3'-фосфатазную активность , который связывается с одноцепочечным разрывом ДНК через N-концевой домен, содержащий цинковый палец типа Cys3-His [56].

Как отмечалось выше у *A. thaliana* ферменты семейства 5mC-ДНК гликозилаз, ROS1, DME, DML2, DML3 участвуют в регуляции импринтинга и сайленсинга генов [48]. ROS1 является бифункциональной ДНК-гликозилазой, при вырезании 5mC из состава ДНК, оставляет разрыв ДНК с 3'- концевым фосфо-α,β-ненасыщенным альдегидом (3'-PA) или образуется однонуклеотидный разрыв ДНК с 5'-концевым фосфатом и 3'-концевым фосфатом (3'-P). Показано, что фосфатаза AtZDP удаляет 3′-концевую фосфатную группу образованного под действием ROS1, обеспечивая, таким образом, возможным дальнейший репарационный синтез ДНК [57]. Однако, недавно показано, что АР-эндонуклеаза Ape1L также способна превращает генерированные под действием фермента ROS1 3'-PA и 3'-P блокирующие группы в лигируемые 3'-ОН концы [58]. Таким образом, AtAPE1L является новым компонентом механизма активного деметилирования ДНК и, вместе с AtZDP, регулирует импринтинга и сайленсинга генов в *A. thaliana*.

Для завершения BER механизма репрации ДНК требуются дополнительные ферменты и вспомогательные белки (рисунок 2). Как отмечалось выше, АР-эндонуклеаза гидролизует фосфодиэфирную связь с 5'-стороны от АР-сайта, в результате чего в последовательности ДНК возникает разрыв с гидроксильной группой на 3'-конце и фосфатом на 5'-конце. В клетках млекопитающих, ДНК-полимераза β (Pol β) заполняет однонуклеотидную брешь, подготавливая цепь для лигирования ДНК-лигазой I, или комплексом ДНК-лигазы III и XRCC1 белка.

Pol β, относящаяся к X-семейству, – важнейший участник эксцизионной репарации оснований, она обладает дезоскирибофосфатлиазной активностью, способна корректно восстанавливать структуру ДНК после удаления «неправильных» оснований с помощью ДНК-гликозилаз и осуществляет синтез ДНК в участках, содержащих бреши. У растений арабидопсис отсутствует какой-либо гомолог Pol β, предполагается функцию Pol β в растениях выполняет другая ДНК полимераза – Polλ, также принадлежащая к X-семейству [59].

Polλ (AtPOLL) содержит все критические аминокислотные остатки консервативные в Pol β и других ДНК полимераз принадлежащих к X-семейству [59]. Показано, что экспрессия AtPOLL связана с клеточной пролиферацией меристемы и мейоза ткани [60].

С другой стороны, эксцизионная репарация окислительного повреждения геномной ДНК пластид и митохондрии может потребовать участия других ДНК-полимераз. Две ДНК-полимеразы, сходные с ДНК-полимеразой I цианобактерий были идентифицированы в арабидопсис [61]. Оба локализованы в пластидах и экспрессия одного из них (AtPolI типа B) индуцируется H_2O_2, что указывает на возможную роль данного фермента в репарации окислительных повреждений ДНК [61]. Детальное исследование биохимических характеристик ДНК полимеразы риса (OsPOLP1) позволяет предположить об его участии в репликации и эксцизионной репарации геномной ДНК пластид [62].

У млекопитающих белок XRCC (X-ray-induced damage repair cross comlementating) взаимодействует с лигазой III и ДНК-полимеразой β, при этом N-концевой участок этого белка взаимодействует с ДНК-полимеразой β,

а С-концевой участок – с ДНК-лигазой III. Лигирующий комплекс лигаза III/белок XRCC1 может служить как мост для координации последующих стадии репарации ДНК [63]. Геном арабидопсиса кодирует ортолог гена XRCC1 млекопитающих [64], однако его функция в BER механизме репарации ДНК растений не известно. Геном арабидопсиса кодирует четыре гена ДНК-лигазы: AtLIG1, AtLIG1a, AtLIG4 и AtLIG6. Фермент AtLIG1 функционирует в ходе репликации и BER механизме репарации. Фермент AtLIG4 является ортологом гена ДНК-лигазы IV млекопитающих и обеспечивает *соединение* двух различных *негомологичных концов* в репарации *повреждения ДНК* [65]. Интересно отметить, что изоформы фермента AtLIG1 образуемые из альтернативных сайтов *инициации трансляции направляется* в разные компартменты клетки – ядро и митохондрии.

Благодарности

Работа поддержана грантом ГФ4/4342 МОН РК

Литература

1 Dizdaroglu M, Jaruga P, Birincioglu M, Rodriguez H (2002) Free radical-induced damage to DNA: mechanisms and measurement, Free Radic Biol Med, 32:1102-1115.

2 Hegde ML, Hazra TK, Mitra S (2008) Early steps in the DNA base excision/single-strand interruption repair pathway in mammalian cells, Cell Research, 18:27–47.

3 Hoeijmakers JH (2009) DNA damage, aging, and cancer, N Engl J Med, 361:1475-1485.

4 Roldarn-Arjona T, Ariza RR (2009) Repair and tolerance of oxidative DNA damage in plants, Mutation Research, 681:169–179.

5 Foyer CH, Noctor G. (2003) Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria, Physiol Plant, 119:355-364.

6 Bissenbaev AK, Ishchenko AA, Taipakova SM, Saparbaev MK (2011) Presence of base excision repair enzymes in the wheat aleurone and their activation in cells undergoing programmed cell death, Plant Physiol Biochem, 49:1155-1164.

7 Bissenbaev AK, Altybaeva NA, Kolbaeva GA (2007) Role of reactive oxygen species and antioxidant enzymes in hormone regulating programmed cell death of wheat aleurone layer, Journal of Cell and Molecular Biology, 6(1): 41-48.

8 Apel K, Hirt H (2004) Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction, Annu Rev Plant Biol, 55:373-399.

9 Mehlhorn H, Tabner BJ, Wellburn AR (1990) Electron-spin-resonance evidence for the formation of free-radicals in plants exposed to ozone, Physiol Plant, 79: 377-383.

10 Landry LG, Chapple CC, Last RL (1995) Arabidopsis mutants lacking phenolic sunscreens exhibit enhanced ultraviolet-B injury and oxidative damage, Plant Physiol, 109:1159-1166.

11 Ward JF (1988) DNA damage produced by ionizing radiation in mammalian cells: identities, mechanisms of formation, and reparability, Prog Nucleic Acid Res Mol Biol, 35: 95-125.

12 Hutchinson F (1957) The distance that a radical formed by ionizing radiation candiffuse in a yeast cell, Radiat Res, 7: 473-483.

13 Conklin PL, Williams EH, Last RL (1996) Environmental stress sensitivity of an ascorbic acid-deficient Arabidopsis mutant, Proc Natl Acad Sci U S A, 93: 9970-9974.

14 Dizdaroglu M (1993) Chemistry of free radical damage to DNA and nucleoproteins, in: B Halliwell, OI Aruoma (Eds.). DNA and Free Radicals. Ellis Horwood, London. – P.19

15 Furlong EA, Jorgenson TJ, Henner WD (1986) Production of dihydrothymine stereoisomers in DNA by gamma-radiation, Biochemistry, 25: 4344-4349.

16 Teoule R (1987) Radiation-induced DNA damage and its repair, Int J Radiat Biol, 51: 589.

17 Dizdaroglu M (1985) Formation of an 8-hydroxyguanine moiety in deoxyribonucleic acid on gamma-irradiation in aqueous solution, Biochemistry, 24: 4476- 4481.

18 Fuciarelli AF, Wegher BJ, Blakely WF, Dizdaroglu M (1990) Yields of radiationinduced base products in DNA: effects of DNA conformation and gassing conditions, Int J Radiat Biol, 58: 397-415.

19 Fink SP, Reddy GR, Marnett LJ (1997) Mutagenicity in Escherichia coli of the major DNA adduct derived from the endogenous mutagen malondialdehyde, Proc Natl Acad Sci U S A, 94: 8652-8657.

20 Saparbaev M, Laval J (1998) 3,N4-ethenocytosine, a highly mutagenic adduct, is a primary substrate for Escherichia coli double-stranded uracil-DNA glycosylase and human mismatch-specific thymine-DNA glycosylase, Proc Natl Acad Sci U.S.A., 95: 8508-8513.

21 Ide H, Kow YW, Wallace SS (1985) Thymine glycols and urea residues in M13 DNA constitute replicative blocks in vitro, Nucleic Acids Res, 13: 8032-8052.

22 Evans J, Maccabee M, Hatahet Z, Courcelle J, Bockrath R, Ide H, Wallace S (1993) Thymine ring saturation and fragmentation products: lesion bypass, misinsertion and implications for mutagenesis, Mutat Res, 299: 147-156.

23 Boorstein RJ, Hilbert TP, Cadet J, Cunningham RP, Teebor GW (1989) UV-induced pyrimidine hydrates in DNA are repaired by bacterial and mammalian DNA glycosylase activities, Biochemistry, 28: 6164-6170.

24 Roldan-Arjona T, Garcia-Ortiz MV, Ruiz-Rubio M, Ariza RR (2000) cDNA cloning, expression and functional characterization of an Arabidopsis thaliana homologue of the Escherichia coli DNA repair enzyme endonuclease III, Plant Mol Biol, 44: 43-52.

25 Krokan HE, Standal R, Slupphaug G (1997) DNA glycosylases in the base excision repair of DNA, Biochem J, 325: 1-16.

26 Girard PM, Boiteux S (1997) Repair of oxidized DNA bases in the yeast Saccharomyces cerevisiae, Biochimie, 79:559-566.

27 Denver DR, Swenson SL, Lynch M (2003) An evolutionary analysis of the helix-hairpin-helix superfamily of DNA repair glycosylases, Mol Biol Evol, 20: 1603-1611.

28 Alseth I, Eide L, Pirovano M, Rognes T, Seeberg E, Bjoras M (1999) The Saccharomyces cerevisiae homologues of endonuclease III from Escherichia coli, Ntg1 and Ntg2, are both required for efficient repair of spontaneous and induced oxidative DNA damage in yeast, Mol Cell Biol, 19: 3779-3787.

29 Jiang D, Hatahet Z, Blaisdell JO, Melamede RJ, Wallace SS (1997) Escherichia coli endonuclease VIII: cloning, sequencing, and overexpression of the nei structural gene and characterization of nei and nei nth mutants, J Bacteriol, 179: 3773-3782.

30 Grin IR, Zharkov DO (2011) Eukaryotic homologs of endonuclease VIII: new elements of excision repair of DNA base [Biohimya]. 76(1):99 – 114.

31 Tchou J, Kasai H, Shibutani S, Chung MH, Laval J, Grollman AP, Nishimura S (1991) 8-Oxoguanine (8-hydroxyguanine) DNA glycosylase and its substrate specificity, Proc. Natl. Acad. Sci. U S A, 88:4690-4694.

32 Eisen JA, Hanawalt PC (1999) A phylogenomic study of DNA repair genes, proteins, and processes, Mutat Res, 435:171-213.

33 van der Kemp PA, Thomas D, Barbey R, de Oliveira R, Boiteux S (1996) Cloning and expression in Escherichia coli of the OGG1 gene of Saccharomyces cerevisiae, which codes for a DNA glycosylase that excises 7,8-dihydro-8-oxoguanine and 2,6-diamino-4-hydroxy-5-N-methylformamidopyrimidine, Proc Natl Acad Sci U S A, 93: 5197-5202.

34 Roldan-Arjona T, Wei YF, Carter KC, Klungland A, Anselmino C, Wang RP, Augustus M, Lindahl T (1997) Molecular cloning and functional expression of a human cDNA encoding the antimutator enzyme 8-hydroxyguanine-DNA glycosylase, Proc Natl Acad Sci U S A, 94:8016-8020.

35 Ohtsubo T, Matsuda O, Iba K, Terashima I, Sekiguchi M, Nakabeppu Y (1998) Molecular cloning of AtMMH, an Arabidopsis thaliana ortholog of the Escherichia coli mutM gene, and analysis of functional domains of its product, Mol Gen Genet, 259:577-590.

36 Dany AL, Tissier A (2001) A functional OGG1 homologue from Arabidopsis thaliana, Mol Genet Genom, 265: 293-301.

37 Garcia-Ortiz MV, Ariza RR, Roldan-Arjona T (2001) An OGG1 orthologue encoding a functional 8-oxoguanine DNA glycosylase/lyase in Arabidopsis thaliana, Plant Mol Biol, 47: 795-804.

38 Scortecci KC, Lima AF, Carvalho FM, Silva UB, Agnez-Lima LF, Batistuzzo de Medeiros SR (2007) A characterization of a MutM/Fpg ortholog in sugarcane–a monocot plant, Biochem Biophys Res Commun, 361: 1054-1060.

39 Morales-Ruiz T, Birincioglu M, Jaruga P, Rodriguez H, Roldan-Arjona T, Dizdaroglu M (2003) Arabidopsis thaliana Ogg1 protein excises 8-hydroxyguanine and 2,6-diamino-4-hydroxy-5-formamidopyrimidine from oxidatively damaged DNA containing multiple lesions, Biochemistry, 42: 3089-3095.

40 Murphy TM (2005) What is base excision repair good for? knockout mutants for FPG and OGG glycosylase genes in Arabidopsis, Physiol Plant, 123: 227-232.

41 Leprince O, Atherton NM, Deltour R, Hendry G (1994) The involvement of respiration in free radical processes during loss of desiccation tolerance in germinating Zea mays L, Plant Physiol, 104: 1333-1339.

42 Reuzeau C, Cavalie G (1995) Activities of free-radical processing enzymes in dry sunflower Seeds, New Phytol, 130: 59-66.

43 Bird AP (1980) DNA methylation and the frequency of CpG in animal DNA, Nucleic Acids Res, 8: 1499-1504.

44 Hendrich B, Hardeland U, Ng HH, Jiricny J, Bird A (1999) The thymine glycosylase MBD4 can bind to the product of deamination at methylated CpG sites, Nature, 401: 301–304.

45 Petronzelli F, Riccio A, Markham GD, Seeholzer SH, Genuardi M, Karbowski M, Yeung AT, Matsumoto Y and Bellacosa A (2000) Investigation of the substrate spectrum of the human mismatch-specific DNA N-glycosylase MED1 (MBD4): fundamental role of the catalytic domain, J Cell Physiol, 185: 473–480.

46 Nota F, Cambiagno DA, Ribone P, Alvarez ME (2015) Expression and function of AtMBD4L, the single gene encoding the nuclear DNA glycosylase MBD4L in Arabidopsis, Plant Sci, 235:122-129.

47 He XJ, Chen T, Zhu JK (2011) Regulation and function of DNA methylation in plants and animals, Cell Res, 21: 442–465.

48 Zhu JK (2009) Active DNA demethylation mediated by DNA glycosylases, Annu Rev Genet, 43: 143–166.

49 Chou KM, Cheng YC (2002) An exonucleolytic activity of human apurinic/apyrimidinic endonuclease on 3' mispaired DNA, Nature, 415: 655-659.

50 Babiychuk E, Kushnir S, Van Montagu M, Inze D (1994) The Arabidopsis thaliana apurinic endonuclease Arp reduces human transcription factors Fos and Jun, Proc Natl Acad Sci U S A, 91:3299-3303.

51 Murphy TM, Belmonte M, Shu S, Britt AB, Hatteroth J (2009) Requirement for abasic endonuclease gene homologues in Arabidopsis seed development, PLoS One, 4: e4297.

52 Joldybayeva B, Prorok P, Grin IR, Zharkov DO, Ishenko AA, et al. (2014) Cloning and Characterization of a Wheat Homologue of Apurinic/Apyrimidinic Endonuclease Ape1L // PLoS ONE, 9(3): e92963, doi:10.1371/journal.pone.0092963.

53 Wiederhold L, Leppard JB, Kedar P, Karimi-Busheri F, Rasouli-Nia A, Weinfeld M, Tomkinson AE, Izumi T, Prasad R, Wilson SH, Mitra S, Hazra TK (2004) AP endonuclease-independent DNA base excision repair in human cells, Mol Cell, 15: 209-220.

54 Whitehouse CJ, Taylor RM, Thistlethwaite A, Zhang H, Karimi-Busheri F, Lasko DD, Weinfeld M, Caldecott KW (2001) XRCC1 stimulates human polynucleotide kinase activity at damaged DNA termini and accelerates DNA single-strand break repair, Cell, 104: 107-117.

55 Betti M, Petrucco S, Bolchi A, Dieci G, Ottonello S (2001) A plant 30-phosphoesterase involved in the repair of DNA strand breaks generated by oxidative damage, J Biol Chem, 276: 18038-18045.

56 Petrucco S, Volpi G, Bolchi A, Rivetti C, Ottonello S (2002) A nick-sensing DNA 30- repair enzyme from Arabidopsis, J Biol Chem, 277: 23675-23683.

57 Martinez-Macias MI, Qian W, Miki D, Pontes O, Liu Y, et al. (2012) A DNA 3' -phosphatase functions in active DNA demethylation in Arabidopsis, Mol Cell, 45: 357–370.

58 Garcia-Diaz M, Dominguez O, Lopez-Fernandez LA, de Lera LT, Saniger ML, Ruiz JF, Parraga M, Garcia-Ortiz MJ, Kirchhoff T, del Mazo J, Bernad A, Blanco L (2000) DNA polymerase lambda (Pol lambda), a novel eukaryotic DNA polymerase with a potential role in meiosis, J Mol Biol, 301: 851-867.

59 Uchiyama Y, Kimura S, Yamamoto T, Ishibashi T, Sakaguchi K (2004) Plant DNA polymerase lambda, a DNA repair enzyme that functions in plant meristematic and meiotic tissues, Eur J Biochem, 271: 2799-2807.

60 Mori Y, Kimura S, Saotome A, Kasai N, Sakaguchi N, Uchiyama Y, Ishibashi T, Yamamoto T, Chiku H, Sakaguchi K (2005) Plastid DNA polymerases from higher plants, Arabidopsis thaliana, Biochem Biophys Res Commun, 334: 43-50.

61 Takeuchi R, Kimura S, Saotome A, Sakaguchi K (2007) Biochemical properties of a plastidial DNA polymerase of rice, Plant Mol Biol, 64: 601-611.

62 Vidal AE, Boiteux S, Hickson ID, Radicella JP (2001) XRCC1 coordinates the initial and late stages of DNA abasic site repair through protein-protein interactions, EMBO J, 20: 6530-6539.

63 Taylor RM, Thistlethwaite A, Caldecott KW (2002) Central role for the XRCC1 BRCT I domain in mammalian DNA single-strand break repair, Mol Cell Biol, 22: 2556-2563.

64 Taylor RM, Hamer MJ, Rosamond J, Bray CM (1998) Molecular cloning and functional analysis of the Arabidopsis thaliana DNA ligase I homologue, Plant J, 14: 75-81.

65 Wu YQ, Hohn B, Ziemienowic A (2001) Characterization of an ATP-dependent type I DNA ligase from Arabidopsis thaliana, Plant Mol Biol, 46: 161-170.

[1]Ашимова А.Н.,
[1]Ермекбаев К.А.,
[1,2]Туруспеков Е.К.,
[1]Абугалиева С.И.

[1]Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, Алматы
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Генотипирование мировой коллекции овса с использованием микросателлитных маркеров

Коллекция овса Avena sativa L. и Avena byzantina c. Koch., состоящая из 163 сортов и линий селекции Казахстана, стран Европы и Америки, проанализирована с использованием 19 микросателлитных маркеров. В работе использовано 29 микросателлитных маркеров, 19 из которых оказались полиморфными для изучаемой коллекции. Генетическая изменчивость образцов коллекций проанализирована с применением программ PopGene и GenAlEx 6.5. Обнаружено 89 аллелей, со средним количеством аллелей на локус, равным 4,5 и эффективным количеством аллелей, равным 2,6. Количество аллелей на локус варьировало от 2 (AM25) до 8 (AM3). Рассчитаны индексы генетического разнообразия Шеннона и Нея как для всей коллекции, так и для регионов отдельно. Анализ позволил четко дифференцировать популяции овса из Казахстана, стран Северной и Южной Америки, Западной, Восточной и Северной Европы. Полученная информация может быть эффективно использована для генетической паспортизации коммерческих сортов, защиты интеллектуальных прав селекционеров, и для усиления селекционных проектов, направленных на повышение адаптивности и продуктивности овса в различных регионах Казахстана.

Ключевые слова: овес, мировая коллекция, генетическое разнообразие, ДНК-маркеры.

---

[1]Ashimova A.N.,
[1]Yermekbaev K.A.,
[1,]Turuspekov Y.K.,
[1]Abugalieva S.I.

[1]Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty
[2]Kazakh National University by al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

Genotyping the world collection of oat by microsatellite markers

The collection of oat Avena sativa L. and Avena byzantina c. Koch. consisting from 163 accessions from Kazakhstan, Europe and America, has been studied by using polymorphic DNA microsatellite markers. In total, out of screened 29 markers, 19 markers were found to be polymorphic ones for this collection. Genetic variability of the collection was studied using PopGeneandGenAlEx 6.5 software packages. In general 86 alleles were identified for analyzed markers, which suggested 4.5 average alleles per locus and 2.6 average effective alleles. Number of alleles was varied from 2 (AM25) to 8 (AM3). Genetic indexes of Shannon and Nei were calculated both for the entire population and separate regions. The grouping of the accessions allowed of identifying 11 separate clusters. Most of studied accessions from Kazakhstan were allocated in clusters I, III, and IV. The principal coordinate analysis (PCoA) was successfully applied to differentiate the groups of oat within studied collection. The total sum of first two coordinates in PCoA was 71.33%. It was found that North American and European accessions are genetically close to each other and far from distinct groups in Kazakhstan and South America. Obtained results could be effectively used in genotyping of commercial cultivars, in protection of intellectual rights of breeders, and for improving of oat adaptation and productivity in different regions of Kazakhstan.

Key words: oat, world collection, genetic diversity, DNA markers.

---

[1]Әшімова Ә.Н.,
[1]Ермекбаев К.А.,
[1,]Туруспеков Е.К.,
[1]Абугалиева С.И.

[1]Өсімдіктердің биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті , Қазақстан, Алматы

Микросателлитті маркерлерді қолдану арқылы сұлының әлемдік коллекциясын генотиптеу

Қазақстан мен Американың және Еуропаның бірқатар мемлекеттерінің селекциясының 163 сорттары мен линияларынан құралған сұлының Avena sativa L. и Avena byzantina c. Koch., коллекциясы 19 микросателлитті маркерлерді қолдану арқылы талданды. Зерттеу жұмысына барлығы 27 микросателлитті маркер қолданылса, соның 19–ы зерттеліп жатқан коллекцияның ішінде полиморфизм көрсетті. Коллекция үлгілерінің генетикалық алуантүрлілігін талдау PopGene және GenAlEx 6.5 программаларының көмегімен жүзеге асты. Барлығы 86 аллель анықталды және орта есеппен бір локусқа 4,5 аллельден келіп және оның ішінде тиімді аллельдер саны 2,6 тең болды. Аллельдер саны бір локусқа 2-ден (AM25) 8-ге дейін (AM3) өзгеріп отырды. Барлық коллекция үшін және жекелеген аймақтар үшін Шеннон және Нейдің генетикалық алуантүрлілігінің индексі есептелді. Талдау, Қазақстан мен Солтүстік және Оңтүстік Американың, Солтүстік, Шығыс және Батыс Еуропаның сұлысының популяцияларын нақты дифференциялауға мүмкіндік берді. Алынған нәтижелер Қазақстанның әртүрлі аймақтарында сұлының төзімділігі мен өнімділігін арттыруға бағытталған бағдарламаларда селекционерлермен бірге қолданылады.

Түйін сөздер: сұлы, әлемдік коллекция, генетикалық алуантүрлілік, ДНҚ-маркерлер.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 633.13:575.22; 577.21

[1]Ашимова А.Н., [1]Ермекбаев К.А.,
[1,2*]Туруспеков Е.К., [1]Абугалиева С.И.

[1]Институт биологии и биотехнологии растений,
Республика Казахстан, г. Алматы
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы
[*]E-mail: yerlant@yahoo.com

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ОВСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ

Введение

Овес посевной (*Avena sativa* L.) является важной пищевой и кормовой культурой. Овес занимает важное место среди зернофуражных культур с высокими показателями питательной ценности, содержанием белков и жиров, витаминов и сбалансированным аминокислотным составом [1; 2]. По сумме посевных площадей овес занимает пятое место в мире после пшеницы, риса, кукурузы и ячменя [1]. В настоящее время посевные площади под овсом занимают в мире менее 10 млн га. Казахстан является одной из основных стран, выращивающих овес, с посевной площадью около 200 тыс. га и производством в 226 тысяч тон. Широкий ареал возделывания данной культуры связан с богатством экотипов овса и их хорошей приспособленностью к условиям среды. Преимущества его среди других зерновых культур заключается в меньшей требовательности к почве, способности интенсивно использовать труднорастворимые соединения и поздно выпадающие осадки, а также повышенной устойчивости к поражению корневой гнилью и повреждениям скрытостебельными вредителями [3]. Несмотря на это, за последние годы площади под овсом в мировом земледелии сократились в два раза, а валовой сбор зерна уменьшился на 27% [4].

Для успешного развития селекционных программ, нацеленных на повышение адаптивности, продуктивности и качества овса, целесообразно использовать широкий пул генетических ресурсов из других регионов мира, оценить уровень разнообразия отечественных сортов и перспективных линий в сравнении с генетически разнообразной мировой коллекцией овса [2; 5]. Успехи в создании сортов, обладающих комплексом ценных признаков, высокой урожайностью и высоким качеством продукции в разнообразных условиях среды в большой степени зависят от многообразия и изученности исходного генетического материала [6; 7; 8]. В связи с этим значение мировых коллекций растений Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова для селекции и сельскохозяйственного производства увеличивается постоянно, а вклад новых сортов в повышение урожая уже достиг 75-85% [2]. В настоящее вре-

мя мировая коллекция овса ВНИИР им. Н.И. Вавилова насчитывает свыше 14000 образцов разного географического происхождения со всех континентов мира [2; 9]. Выделение источников по основным хозяйственно ценным признакам – одна из основных задач изучения мирового разнообразия овса [6]. В Государственный Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Республики Казахстан, включено 15 сортов, в том числе сорта селекции КазНИИЗиР [10; 11] и НПЦЗХ им. А.И. Бараева [10; 12; 13], а также 6 сортов российской селекции и 1 сорт из Украины [10].

Изучение генетического разнообразия сортов важных сельскохозяйственных культур и их диких сородичей является обязательным условием успешного сохранения и рационального использования генетических ресурсов растений, в т.ч. различных видов дикорастущего и культивируемого овса, и проводятся во многих научных центрах мира [14; 15; 16]. Так, ряд работ опубликован по генетическому разнообразию *Avena sterilis* L. [14] и *Avena sativa* L. с использованием разных классов молекулярных маркеров [14; 17; 18]. Вместе с этим, несмотря на высокую актуальность, аналогичные работы не проводились в Казахстане, либо носили редкий или узкий характер [19]. В связи с этим, целью данной работы было изучение генетического разнообразия в мировой и отечественной коллекции овса. В работе использована коллекция овса, изученная нами ранее в полевых условиях 2011-2014 годов в 3 регионах Казахстана [20; 21; 22]. Для изучения генетического разнообразия сортов овса отечественной и зарубежной селекции нами выбраны высоко полиморфные микросателлитные маркеры или SSR-маркеры (*simple sequence repeats*). Данный класс ДНК-маркеров отличается высокой информативностью, надежностью, наличием информации по хромосомной локализации.

Исследования по изучению генетического разнообразия и идентификации генетических ресурсов овса с использованием современных подходов и методов, по поиску и идентификации новых маркеров признаков продуктивности поможет перевести генетико-селекционные программы, направленные на повышение урожайности и качества на новый качественный уровень.

Материалы и методы

В работе использована коллекция овса, состоящая из 163 сортов и линий, относящиеся к видам *Avena sativa* L. и *Avena byzantina* c. Koch. (Рисунки 1а и 1б). Большинство анализированных образцов коллекции *Avena sativa* L. принадлежало разновидностям *mutica* и *aurea* (рисунок 1б).

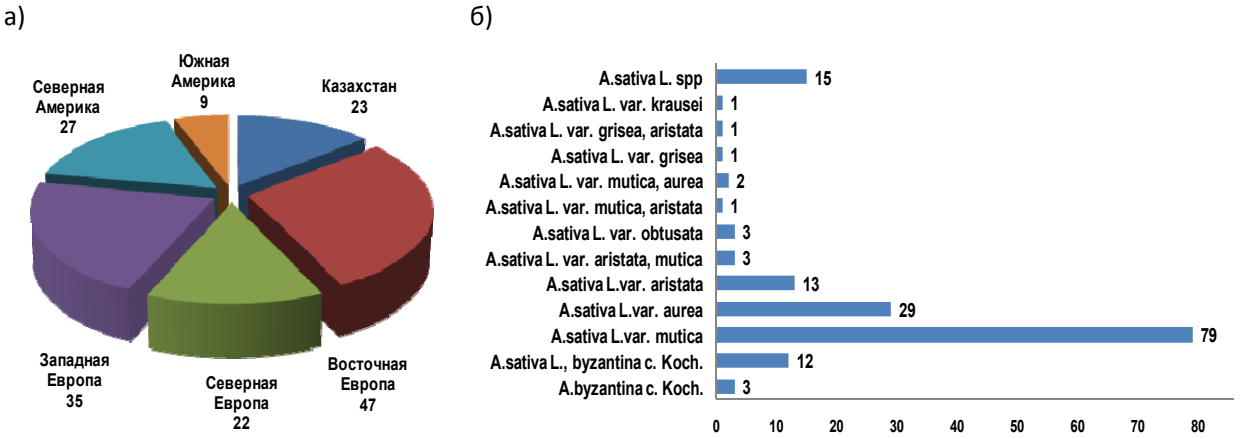


Рисунок 1 – Распределение сортов и линий коллекции овса по регионам (а) и разновидностям (б)

Основная часть коллекции (140 образцов), являющаяся небольшой частью мировой коллекции овса ВИР, предоставлена проф. И.Г. Лоскутовым (ВИР им. Н.И. Вавилова, РФ), и представлена сортами из различных стран – России (24), Украины и Беларуси (4), Канады (10), США (17), стран Южной Америки (9), Европы (75) (рисунок 1а). Остальная часть изучаемой

нами коллекции овса включала 23 образца казахстанской селекции, среди которых – 1) 4 сорта, созданные в НПЦЗХ им. А.И. Бараева: Oat-001 (13494, Ишимский 14), Oat-020 (Арман), Oat-022 (Битик), Oat-025 (никола); 2) 5 сортов селекции КазНИИЗиР: (Oat-017 (Тулпар), Oat-019 (Аламан), Oat-021 (Байге), Oat-023 (ЖорҒа), Oat-024 (Кулагер) 3) 14 перспективных линий ярового овса селекции КазНИИЗиР, предоставленные проф. Б.С. Сариевым: (Oat-002 (8-84), Oat-003 (10-6), Oat-004 (14-46), Oat-005 (16-19), Oat-006 (24-48), Oat-007 (28-129), Oat-008 (28-86), Oat-009 (45-13), Oat-010 (80-94), Oat-011 (1035-2161), Oat-012 (1620-86), Oat-013 (2102-70к), Oat-014 (2141-78), Oat-015 (2141-7611). Все перечисленные сорта казахстанской селекции, за исключением сорта Тулпар, включены в Государственный реестр селекционных достижений РК [10].

Выделение ДНК проводили по *DeLaporta,* 1983 [23]. Концентрацию ДНК определяли спектрофотометрически на спектрофотометре BioRad (США). Для микросателлитного анализа применяли метод ПЦР с использованием 29 пар SSR-праймеров [24]. Для выявления уровня генетического разнообразия нами было использовано 19 полиморфных маркеров (таблица 1).

Таблица 1 – Информация по праймерам, использованным для SSR-анализа коллекции овса

Праймер	Последовательности прямого и обратного праймеров	Мотив
AM1	5′GGATCCTCCACGCTGTTGA 5′CTCATCCGTATGGGCTTTA	(AG)21(CAGAG)6
AM3	5′CTGGTCATCCTCGCCGTTCA 5′CATTTAGCCAGGTTGCCAGGTC	(AG)35
AM14	5′GTGGTGGGCACGGTATCA 5′TGGGTGGCGAAGPCGAATC	(AC)21
AM22	5′ATTGTATTTGTAGCCCCAGTTC 5′AAGAGCGACCCAGTTGTATG	(AC)22
AM25	5′AGCCTGGACATGTAATCTGGT 5′AGCCCTGGTCTTCTTCAACA	(AC)8..(AC)4(CT)4
AM31	5′GCAAAGGCCATATGGTGAGAA 5′CATAGGTTTGCCATTCGTGGT	(GAA)23
AM56	5′CGCGACGGCTTTGTGTT 5′CCGCGCCTCTTTGGTATT	(AG)8
AM87	5′GAGCAAGCTCTGGATGGAAA 5′CCCGTTTATGTGGTTGTTAGC	(AC)13
AM102	5′TGGTCAGCAAGCATCACAAT 5′TGTGCATGCATCTGTGCTTA	(AC)9
AM112	5′AGCGGTGTAGGGGAAAGAGT 5′TTCTTGGTTTAGATGGGAGGA	(AG)3(AC)9(AT)8
MAMA1	5′GTGCGCCTCTAACGAAAAAT 5′CATGCTGGCGAAATCTATCA	GATA(n)
MAMA2	5′TTCCCACTCCGTGTTCTCTC 5′GATGGACGCACAAGAATCG	TCTA(n)
MAMA3	5′ATGTTCTCCAATGGGACTGC 5′ATCGCGATGACTGTGTGA	TCTA(n)
MAMA4	5′GGAGTGGGCGTTTGACATTA 5′CAGCTACCGGTTTTCATTCC	TCTA(n)
MAMA5	5′GGATTGGGACTTCGCATCTA 5′AACCCTAATTACTGCTCCGTTTC	TCTA(n)
MAMA6	5′GACTAAATCACACAACCCAACC 5′GCAGAATCGCGGGAAAGA	TC(n)TCTA(n)TC(n)
MAMA11	5′TGTATGCACCGATGCAATTT 5′GACTACCGCCCAGATGAGAC	TCTA(n)
MAMA12	5′TCGAAACCTATTTCAATGGAAAA 5′GGTTGGAGCTTACAGGTGGA	TCTA(n)
HVM67	5′GTCGGGCTCCATTGCTCT 5′CCGGTACCCAGTGACGAC	(GA)11

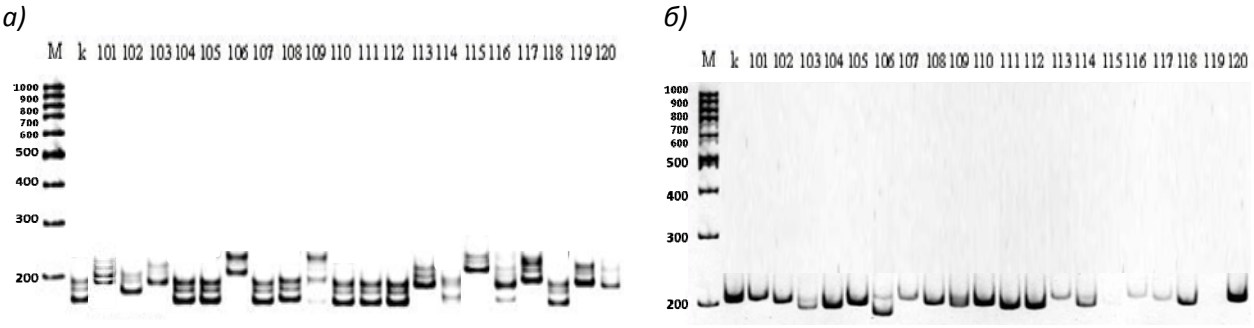
Реакционная среда для SSR-амплификации включала 0.2 мМ каждого dNTP, 250 нМ каждого праймера, 0,5-1.5 мМ MgCl2, 1 ед. *Taq*-полимеразы, 30-50 ng исследуемой ДНК. По-лимеразную цепную реакцию (ПЦР), включающую предварительную денатурацию тоталь-ной ДНК при 94^{0}С в течение 1 мин., последующие 30 циклов (94^{0}С – 30 сек., 60^{0}С – 1 мин., 72^{0}С – 1 мин.) и элонгацию при 72^{0}С – 7 мин., проводили, используя термоамплификатор Veriti (*Applied Biosystems*). Продукты ПЦР разделяли электрофоретически в 6% по-лиакриламидном геле в трис-ЭДТА-боратном буфере pH 8,0.

В работе использованы статистические программы для определения генетических расстояний и генетического разнообразия: PopGene32 [25] и GenAlEx 6.5 [26].

Результаты и их обсуждение

В работе использовано 29 микросателлитных маркеров, 19 из которых оказались поли-морфными для изучаемой коллекции. Мономорфными для данной коллекции сортов овса оказались маркеры AM21, AM41, AM28, AM42, AM57, AM61, AM115, AM59, AM104 и MAMA7.

На рисунке 2 в качестве примера представлены электрофореграммы образцов изучаемой мировой коллекции овса по SSR-маркерам MAMA1 (а) и MAMA6 (б), соответственно.



M – молекулярный маркер (Fermentas, 100 bp), 81-120 образцы овса

Рисунок 2 – Электрофореграммы образцов овса по SSR-маркерам MAMA1 (а) и MAMA6 (б)

Для 19 полиморфных микросателлитных локусов всего было обнаружено 86 аллелей, со средним количеством аллелей на локус, равным 4,5 (таблица 2). При этом количество эффективных аллелей для всей коллекции варьировало от 2 (AM25 и AM31) до 7 (AM3 и MAMA6) со средним значением 2,6.

Генотипическое разнообразие проанализировано с использованием анализа молекулярной изменчивости (AMOVA) с применением программы GenAlEx 6.5. Рассчитаны индексы генетического разнообразия Шеннона, Нея и PIC как для всей коллекции, так и для регионов отдельно (таблицы 2 и 3). Так, значения данных показателей для всей коллекции овса оказались равными 1,002; 0,532 и 0,4796, соответственно. При этом индекс генетического разнообразия Нея варьировал по регионам от 0,475 (Южная Америка) до 0,525 (Казахстан) (таблица 3). Результаты анализа позволили определить высокий уровень генетичесого разнообразия в отечественных образцах овса по сравнению с изученными образцами из других регионов мира. Наиболее высокие значения генетического разнообразия по Нею среди анализированных групп образцов овса были выявлены для коллекции сортов и перспективных линий овса Казахстана и Восточной Европы (0,525 и 0,521, соответственно) [20. 22].

Индекс разнообразия Нея для образцов из Казахстана (0,525) был практически идентичен для значения данного индекса при анализе всей мировой коллекции овса (0,526), что свидетельствует о широком использовании зарубежных генетических ресурсов овса в отечественных селекционных программах и соотносится с данными по происхождению сортов казахстанской селекции [11, 12]. Информационный индекс Шеннона варьировал в среднем по регионам в пределах 0.830-0.990, среднее значение показателя для всей коллекции (без разделения на регионы) равня-

лось 1,0019 (таблица 3). Аналогичная картина наблюдалась при анализе коллекций с использованием индекса информативности маркеров, PIC, среднее значение которого варьировало по регионам от 0,3841 (Южная Америка) до 0,4873 (Казахстан) (таблица 2), при этом среднее значение показателя для всей коллекции составило 0,4796. Наиболее информативным (PIC выше, чем 0,740) в наших исследованиях оказался маркер MAMA6 (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка уровня генетического разнообразия SSR-локусов коллекции овса

Локус	na	ne	I	h	PIC
AM-1	6	3,5	1,4150	0,7140	0,6655
AM-102	4	1,3	0,4881	0,2250	0,2149
AM-112	4	1,4	0,6154	0,2942	0,2783
AM-14	6	3,1	1,2749	0,6753	0,6141
AM-22	5	3,0	1,2385	0,6616	0,5990
AM-25	2	1,1	0,2136	0,1043	0,0989
AM-3	7	3,4	1,4155	0,7049	0,6623
AM-31	2	1,8	0,6474	0,4550	0,3515
AM-56	4	2,1	0,9625	0,5211	0,4740
AM-87	4	1,1	0,3191	0,1288	0,1260
HVM-67	2	1,7	0,6061	0,4155	0,3292
MAMA-1	6	3,4	1,3993	0,7035	0,6567
MAMA-2	4	2,8	1,1712	0,6382	0,5825
MAMA-3	5	2,8	1,2139	0,6421	0,5867
MAMA-4	3	2,1	0,7725	0,5150	0,4013
MAMA-5	6	2,9	1,3018	0,6578	0,6015
MAMA-6	7	5,2	1,7582	0,8083	0,7819
MAMA-11	6	3,8	1,4711	0,7390	0,6975
MAMA-12	3	2,0	0,7526	0,4984	0,3913
Среднее	4,5	2,6	1,0019	0,5317	0,4796
Стандартное отклонение	1,6	1,1	0,4400	0,2115	0,2069

Примечание: na – количество аллелей на локус; ne – эффективное количество аллелей; I – информационный индекс Шеннона; h – индекс разнообразия Нея;
PIC – индекс информативности маркеров

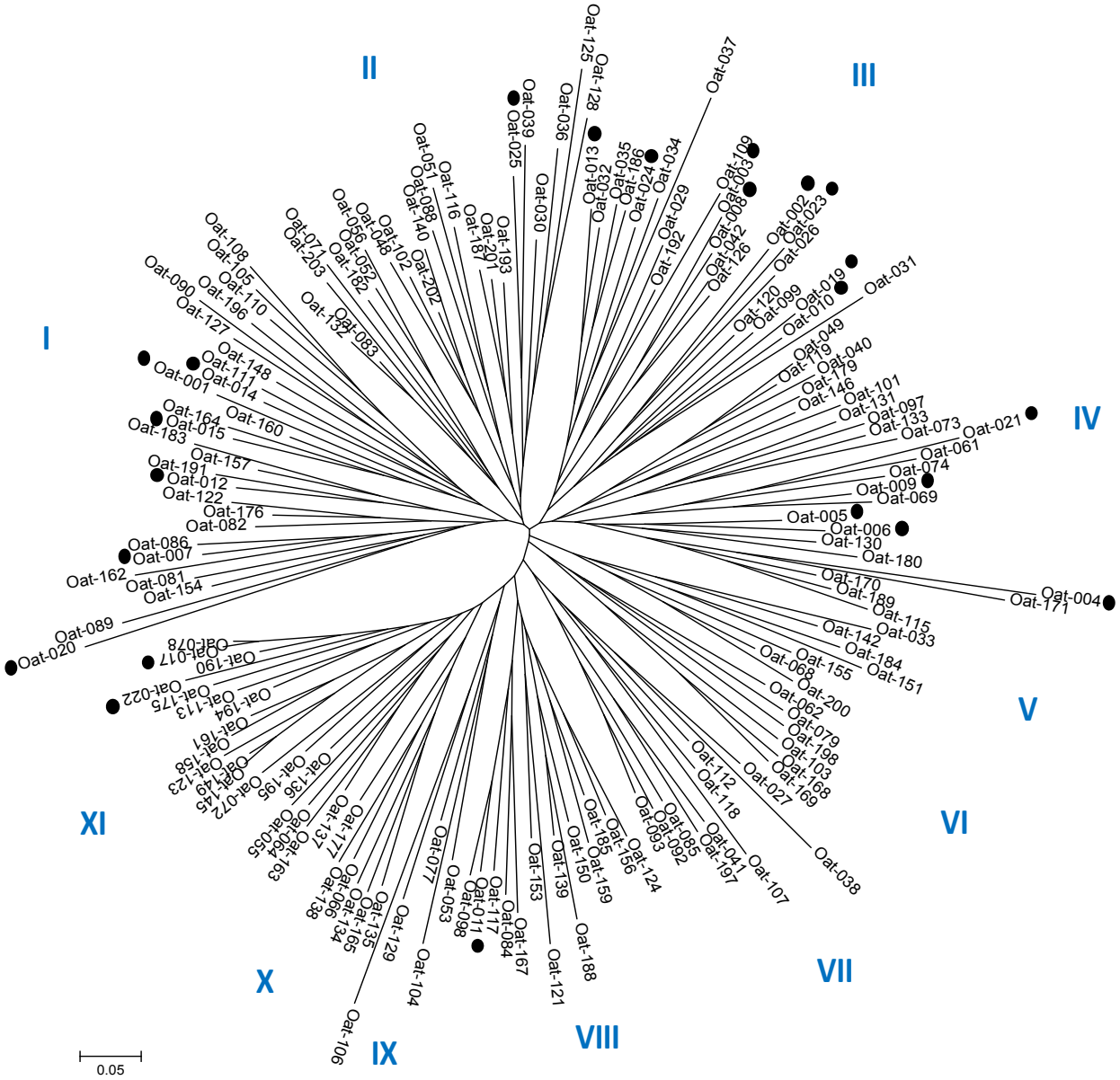
Таблица 3 – Оценка уровня генетического разнообразия коллекции овса в разрезе регионов на основе микросателлитного анализа с использованием 19 SSR маркеров

Популяция	Кол-во	na	ne	I	h	PIC
Казахстан	23	3,6±0,30	2,5±0,26	0,966±0,099	0,525±0,047	0,4783±0,036
Восточная Европа	47	4,0±0,37	2,5±0,25	0,965±0,106	0,521±0,052	0,4702±0,043
Северная Европа	22	3,5±0,27	2,3±0,18	0,874±0,093	0,483±0,049	0,4311±0,037
Западная Европа	35	3,7±0,38	2,3±0,24	0,880±0,106	0,482±0,052	0,4294±0,043
Северная Америка	27	3,8±0,35	2,3±0,24	0,913±0,105	0,492±0,051	0,4437±0,043
Южная Америка	9	2,9±0,27	2,2±0,19	0,830±0,100	0,475±0,053	0,3841±0,044

Примечание: na – количество аллелей на локус; ne – эффективное количество аллелей;
I – информационный индекс Шеннона; h – индекс разнообразия Нея; PIC – индекс информативности маркеров

На рисунке 3 представлена дендрограмма сходства-различий анализированных образцов коллекции овса.

Как видно из рисунка 3, образцы коллекции распределились в 11 кластеров. При этом казахстанские образцы сгруппировались, в основном, в I, III и IV кластерах. Среди 22 образцов III-го кластера большинство составили казахстанские (8) и российские (7) образцы овса. V и X кластеры сформировали сорта только из европейских стран.



I-XI – кластеры, точкой отмечены казахстанские образцы овса

Рисунок 3 – Дендрограмма сходства и различий анализированных 163 образцов мировой коллекции овса на основе использования 19 микросателлитных маркеров

Полиморфизм, выявленный в данном исследовании, соответствует работам других авторов, наблюдавших невысокий уровень полиморфизма европейских сортов [5], низкий уровень разнообразия между канадскими и китайскими сортами овса [27].

Вместе с этим, анализ главных координатных компонент (PCoA), свидетельствует об опред-

ленной генетической обособленности образцов овса из Казахстана (Рисунок 4).

Из графика, представленного на рисунке 4, видно, что европейские и североамериканские образцы оказались более близкими в системе двух главных координт, тогда как образцы из Казахстана и Южной Америки значительно обособлены от основных изученных групп овса (Рисунок 4). Общая сумма первых двух главных компонент составила 71,33%, где первая компонента (51,45%) эффективно обособила южноамериканские образцы от всех остальных регионов мира.

Также определенные закономерности были выявлены при анализе распределения образцов овса в зависимости от их разновидностей (рисунок 5).

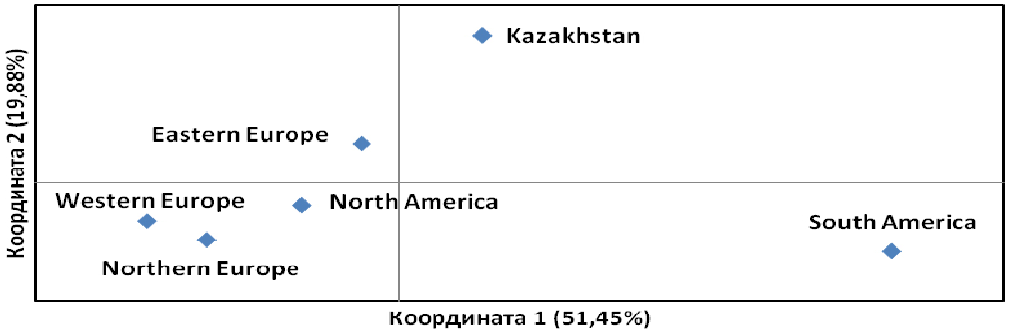


Рисунок 4 – Генетическая обособленность образцов овса из различных регионов мира на основе использования SSR-маркеров и метода главных координатных компонент

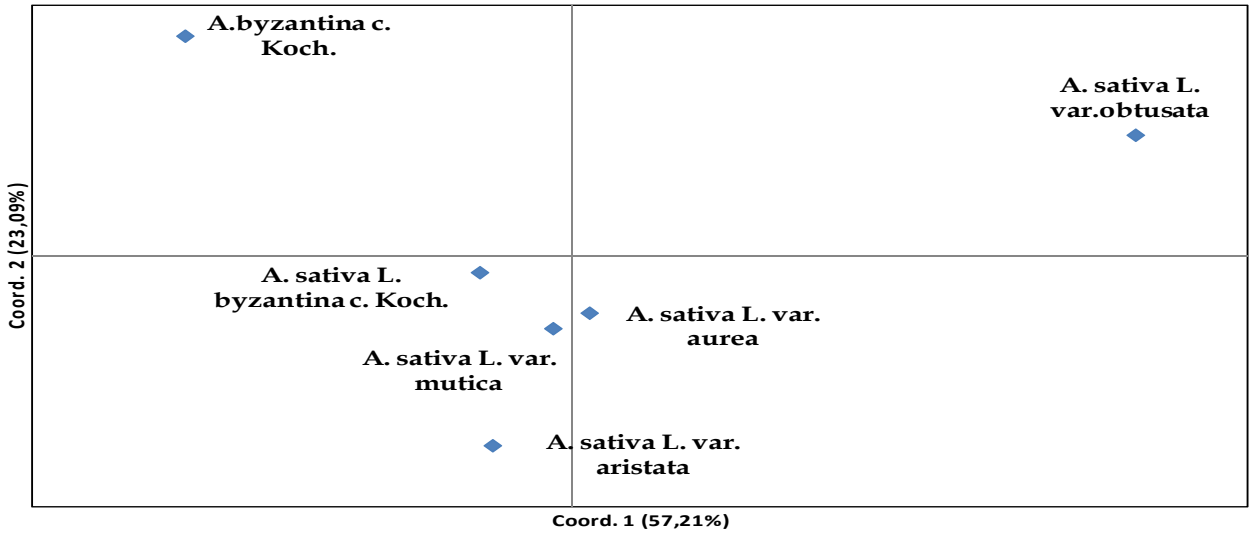


Рисунок 5 – Генетическая обособленность разновидностей овса на основе использования полиморфизма SSR-маркеров и метода главных координатных компонент

Так, большинство разновидностей овса сгруппировались в нижнем левом блоке графика, тогда как разновидности *A. byzantine* var. Koch и *A. sativa* L. var. *obtusata* оказались значительно обособлены от основных изученных групп. Полученные результаты позволяют косвенно оценить генетическое родство изученных разновидностей, что может быть успешно использовано в селекционных исследованиях при подборе родительских пар для скрещивания перспективных образцов.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высоком уровне генетического разнообразия овса из Казахстана в сравнении

с образцами их других регионов мира. Результаты позволили идентифицировать наиболее информативные микросателлитные ДНК-маркеры генома овса, которые могут быть с успехом использованы при генетической паспортизации коммерческих сотов овса, и при защите интеллектуальных прав селекционеров.

Работа выполнена в рамках проекта 0050/ГФ «Генетическое разнообразие и вариабильность хозяйственно-ценных признаков сортов и линий отечественной и мировой коллекции овса Avena sativa L.» по бюджетной программе МОН РК «Грантовое финансирование научных исследований» на 2013-2015 гг.

Литература

1 Stevens EJ, Armstrong KW, Bezar HJ, Griffin WB, Hampton JB (2004) «Fodder oats: an overview» in Fodder Oats: A World Overview, JM Suttie and SG Reynolds, Eds., Plant Production and Protection Series, FAO, Rome, Italy. 33:11-18.

2 Loskutov IG, Blinov EV (2013) Genetic resources for oats promising areas of selection. Works of applied botany, genetics and breeding [Geneticheskie resursy ovsa dlya perspektivnyh napravlenii selekcii. Trudy po prikladnoi botanike, genetike I selekcii] 177:42-45. (In Russian)

3 Batalova GA (2000) Oats, technology of cultivation and breeding [Oves, tehnologiya vozdelovaniya i selekciya]. Kirov. P.206. (In Russian)

4 Sartakova SV (2004) The global gene pool of oats role in addressing the priorities of selection problems in Western Siberia. The genetic resources of cultivated plants [Geneticheskie resursy kulturnyh rastenii]. St. Petersburg, Russia. P.110. (In Russian)

5 He X, Bjornstad A (2012) Diversity of North European oat analyzed by SSR, AFLP and DArT markers, Theoretical and Applied Genetics, 125(1):57-70. DOI: 10.1007/s00122-012-1816-8

6 Loskutov I.G (2009) Genetic resources oats and barley – a source of productive breeding in Russia [Geneticheskie resursy ovsa I yachmenya – istochnik rezultativnoi selekcii v Rosii]. Reports International Vavilov Conference, Russia. P.200-205. (In Russian)

7 Turuspekov Y, Sariev B, Chudinov V, Sereda G, Tokhetova L, Ortaev A, Tsygankov V, Doszhanov M, Volis S, Abugalieva S (2013) Genotype X environment interaction patterns for grain yield of spring barley in different regions of Kazakhstan, Genetics, 49(2):196-205. DOI: 10.1134/S1022795413020129

8 Zeng XQ (2015) Genetic variability in agronomic traits of a germplasm collection of hulless barley, Genet Mol Res., 28;14(4):18356-69. DOI: 10.4238/2015

9 Loskutov IG, Kovaleva ON, Blinova EV (2011) Guidelines for the study and conservation of the world collection of barley and oats [Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohraneniyu mirovoi kollekcii yachmenya i ovsa]. Russia. P.46. (In Russia)

10 State Register of Breeding Achievements Approved for use in the Republic of Kazakhstan [Gosudarstvennyi reestr selekcionnyh dostizhenii, dopushennyh k ispolzovaniyu v Respublike Kazakhstan]. Astana, Kazakhstan, 2014. P.238. (In Russia)

11 Sariev BS, Tohetova LA Abugaliyeva AI, Zhundibaev KK, Baimuratov AZ (2013) Adapted and prospective varieties of forage crops established in KazNIIZiR [Raionirovannye I perspektivnye sorta zernofurozhainyh kultur, sozdannyh v KazNIIR]. Astana, Kazakhstan. P.36. (In Russian)

12 Varieties of grain crops breeding NPC Grain Farming by Barayev AI [Sorta zernovyh kultur selekcii NPC zernovogo hozyaistva im. AI Barayeva] (2011), Catalogue. Astana, Kazakhstan. P.65. (In Russian)

13 Kaskarbaev JA (2001) Formation of the duration of the growing season of crops of oats depending on the variety, sowing date and fertilizer. Grain economy [Formirovanie prodolzhitelnosti vegetacionnogo perioda posevov ovsa v zavisimosti ot sroka poseva I udobrenii. Zernovoe hozyaistvo] 1:33-34. (In Russian)

14 Fu YB, Chong J, Fetch T, Wang ML (2007) Microsatellite variation in Avena sterilis oat germplasm, Theoretical and Applied Genetics, 114(6):1029-38. DOI 10.1007/s00122-006-0496-7

15 Montilla-Bascon G, Sanchez-Martín J, Rispail N, Rubiales D, Mur L, Langdon T, Griffiths I, Howarth C, Prats E (2013) Genetic Diversity and Population Structure Among Oat Cultivars and Landraces, Plant Molecular Biology, 31:1305–1314. DOI 10.1007/s11105-013-0598-8

16 Sood VK, Rana I, Hussain W, Chaudhary HK (2016) Genetic Diversity of Genus *Avena* from North Western-Himalayas Using Molecular Markers Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 86(1):151-158.

17 Wu B, Zhang Z, Chen L, He M (2012) Isolation and characterization of novel microsatellite markers for *Avena sativa* (Poaceae oat), American Journal of Botany, 99(2):e69-71. DOI: 10.3732/ajb.1100404

18 Sheikhehpour S, Bahraminejad S, Cheghamirza K (2014) Morphological and molecular genetic variations of oat genotypes grown in Kermanshah, Iran, Molecular Biology Reports, 41(6):4023-30. DOI: 10.1007/s11033-014-3271-x

19 Nurpeissov M, Abugaliyeva AI, Langdon T (2015) Genetic Identification of Kazakhstan Oat. Varieties Biosciences Biotechnology Research Asia, 12(3):2227-2233.

20 Abugalieva S, Ermekbaev K, Sariev B, Chudinov V, Sereda G, Turuspekov Y (2013) Genotyping and phenotyping of oat collection**,** 2nd Conference of Cereal Biotechnology and Breding, Budapest. P.51

21 Abugaliyeva SI, Sereda GA, Chudinov VA, Sariev BS, Turuspekov YK (2013) Analysis of agronomic characters of world collection of oats grown in three different regions of Kazakhstan. Works of applied botany, genetics and breeding [Analiz hozyaist-

venno-cennyh priznakov mirovoi kollekcii ovca, vyrashennoi v treh razlichnyh regionah Kazakhstana. Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selekcii] 171:168-174. (In Russian)

22 Abugaliyeva SI, Chudinov VA, Sereda GA, Sariev BS, Turuspekov YK (2014) Genetic and phenotypic diversity of the collection of oats (Avena sativa L.), Proceedings of the 2nd International Conference «Problems of evolution and systematics of cultivated plants» [Geneticheskoe i fenotipicheskoe raznoobrazie kollecii ovsa (*Avena sativa* L.), Materialy 2-oi mezhdunarodnoi konferencii «Problemy evolyucii I sistematiki kulturnyh rastenii»] St. Petersburg, Russia. P.36. (In Russian)

23 Delaporta SL, Wood J, Hicks JB (1983) A plant DNA minipreparation. Version II, Plant Mol. Biol. Rep, P.19-21.

24 Wight CP, Yan, W, Mitchell Fetch JW, Deyl JK and Tinker NA (2010) A Set of New Simple Sequence Repeat and Avenin DNA Markers Suitable for Mapping and Fingerprinting Studies in Oat (Avena spp.), Crop Science, 50(4):1207-1218. DOI: 10.2135/cropsci2009.09.0474

25 Yeh F, Yang R, Boyle T, Ye Z (2000) Microsoft Windows-Based Freeware for Population Genetic Analysis Version 1.32 ed. Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Edmonton.

26 Smouse PE, Whitehead MR, Peakall R. (2015) An informational diversity framework, illustrated with sexually deceptive orchids in early stages of speciation, Molecular Ecology Resources, 15:1375-1384. DOI 10.111/1755-0998.12422

27 Baohong G, Zhou X, Murphy JP (2003) Genetic variation within Chinese and western cultivated oat accessions. Cereal Research Communication. 31(3-4):339–346

Колумбаева С.Ж.,
Ловинская А.В., Жусупова А.И.,
Рахимжанова А.А.,
Илиясова А.И., Муратова А.Т.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Токсическая и мутагенная активность биологически активных веществ из растений *Limonium gmelinii* семейства *Plumbaginaceae (= Limoniaceae lincz.)*

Выделены биологически активные вещества из подземной и надземной частей растений кермека Гмелина (Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze, сем. Plumbaginaceae). Определены показатели доброкачественности кермека (влажность, общая зола); показатели экстрактивных веществ, аминокислотный и жирнокислотный состав. Проведена идентификация основных групп биологически активных веществ (БАВ). Изучено токсическое и мутагенное действие биологически активных веществ из надземной и подземной частей растений Limonium gmelinii на семена ячменя в тесте по учету всхожести семян и хромосомных аберраций в клетках корневой зародышевой меристемы. Установлено, что комплекс БАВ в использованных концентрациях (25,0; 50,0 и 100,0 мг/л) не оказывал фитотоксического и мутагенного действия. Обработка семян ячменя водными растворами экстрактов при всех концентрациях не снизило их всхожести по сравнению с контрольными растениями. Частота структурных нарушений хромосом и число хромосомных аберраций на 100 просмотренных метафаз в клетках корневой зародышевой меристемы семян ячменя, обработанных водными растворами БАВ, статистически значимо не отличались от аналогичных показателей у необработанных растений.

Ключевые слова: биологически активные вещества, мутаген, хромосомные аберрации, кермек Гмелина, метафаза.

Kolumbaeva S.Zh.,
Lovinskaja A.V., Zhusupova A.I.,
Rahimzhanova A.A.,
Ilijasova A.I., Muratova A.T.

Kazakh National University by al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

Toxic and mutagenic effect of biologically active substances from *Limonium gmelinii (family Plumbaginaceae (= Limoniaceae lincz.)*

It was obtained biologically active substances (BAS) of the underground and above-ground parts of plants Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze (family Plumbaginaceae). Purity indicators (moisture, total ash); extractive substance indicators by different polarities solvents, amino acid and fatty acid composition from Limonium gmelinii was determined. Toxic and mutagenic effects of biologically active substances from the above-ground and below-ground parts of plants Limonium gmelinii was studied by barley seed germination test and barley root tip chromosome aberration assay. It is found that the biologically active substances in the concentrations (25.0, 50.0 and 100.0 mg/l) had no phytotoxic and mutagenic action .Barley seed was treated with aqueous solutions of biologically active substances from the underground and above-ground parts of Limonium gmelinii at all concentrations. This treatment did not reduce their germinating ability of seeds as compared to control plants grown in distilled water. The frequency of structural chromosome aberrations and the number of chromosomal aberrations per 100 metaphases in root tip cells of barley seeds treated with aqueous solutions of biologically active substances, did not significantly differ from untreated seeds. At the same time, the classical mutagen methyl methanesulfonate, using as a positive control, increased the studied parameters in several times not only compared with the control, but also the seeds treated with aquatic solutions of the biologically active substances.

Key words: biologically active substances, mutagenic, chromosome aberrations, Limonium gmelinii, metaphase.

Колумбаева С.Ж.,
Ловинская А.В., Жусупова А.И.,
Рахимжанова А.А.,
Илиясова А.И., Муратова А.Т.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

Plumbaginaceae *(= Limoniaceae lincz.)* туысы *Limonium gmelinii* өсімдігінен алынған биологиялық белсенді заттардың токсикалық мутагенді белсенділігі

Гмелин кермек (Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze, туысы. Plumbaginaceae) өсімдігінің жер асты және жер үсті бөліктерінен биологиялық белсенді заттар бөлінді. Кермектің сапалық көрсеткіштері (ылғалдылығы, жалпы күлі); сығынды заттардың көрсеткіштері, аминқышқылды және майқышқылды құрамы анықталды. Биологиялық белсенді заттардың (ББЗ) негізгі топтарының сәйкестігі жүргізілді. Limonium gmelinii өсімдігінің жер асты және жер үсті бөліктерінен алынған биологиялық белсенді заттардың токсикалық және мутагенді әсері дәндердің өнгіштігі және ұрық тамыр меристемасы клеткаларындағы хромосомалық аберрациялар саны бойынша арпа дәндеріне жүргізілген тестте зерттелді. ББЗ кешені қолданылған концентрацияда (25,0; 50,0 и 100,0 мг/л) фитотоксикалық және мутагенді әсер көрсетпейтіндігі бекітілді. Арпа дәндерін сығындылардың сулы ерітіндісінің барлық концентрациясымен өңдеу бақылау өсімдіктерімен салыстырғанды олардың өнгіштігін төмендетпеді.

Түйін сөздер: биологиялық белсенді заттар, мутаген, хромосомалық аберрациялар, Гмелин кермек, метафаза.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 575.224.6

*Колумбаева С.Ж., Ловинская А.В., Жусупова А.И., Рахимжанова А.А., Илиясова А.И., Муратова А.Т.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы
*E-mail: S_kolumb@mail.ru

ТОКСИЧЕСКАЯ И МУТАГЕННАЯ АКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТЕНИЙ *LIMONIUM GMELINII* СЕМЕЙСТВА *PLUMBAGINACEAE (= LIMONIACEAE LINCZ.)*

Введение

Кризисная экологическая ситуация, характерная для многих регионов мира, обусловлена, прежде всего, загрязнением окружающей среды (ОС) продуктами хозяйственной деятельности человека. Практически все загрязнители ОС могут оказывать мутагенное и токсическое действие на живые организмы в результате активации процессов образования внутриклеточных свободных радикалов, ингибирования активности репаративных ферментных систем или непосредственного взаимодействия с молекулами ДНК [1-3]. Кроме того, система поддержания равновесия ДНК постепенно деградирует, проявляясь в нестабильности генома и нарастании числа ДНК-аддуктов [4, 5]. Однако исключить контакт человека с токсическими и мутагенными факторами практически невозможно, поэтому большое значение приобретает поиск эффективных протекторов, в числе которых биологически активные вещества природного происхождения.

Изучение лекарственных растений в качестве перспективных источников биологически активных веществ, обладающих антимутагенной и антиоксидантной активностью, значительно активизировалось и возросло в последние годы, что обусловлено низкой токсичностью и аллергенностью БАВ, комплексным воздействием на организм и возможностью длительного применения без побочных эффектов [6, 7]. Тем не менее, исследования показывают, что лекарственные растения могут обладать мутагенной и антимутагенной активностью в зависимости от дозы применения [8-11].

На территории Казахстана произрастают различные виды лекарственных растений, в числе которых кермек (*Limonium*) семейства свинчатковых (*Plumbaginaceae*), который обладает высоким содержанием полифенолов, витаминов и оказывает антиоксидантное действие. На основе экстрактов из *Limonium gmelinii* профессором Жусуповой Г.И. уже создана заживляющая мазь «Санжар» (Лимонидин), обладающая антимикробным действием.

Целью настоящего исследования явилось изучение токсической и мутагенной активности экстрактов из подземной и

надземной частей кермека Гмелина (*Limonium gmelinii*), эффективно продуцирующих биологически активные вещества, для дальнейшего изучения антимутагенного потенциала данного вида растений.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили семена ярового двурядного ячменя (*Hordeum vulgare L.*) сорта Байшешек, районированного в Алматинской области. Широкое использование семян ячменя для цитогенетических исследований объясняется, прежде всего, малым числом хромосом – 7 пар (2n = 14). Хромосомы культурных ячменей довольно крупные, длина достигает от 6 до 8 микрометров (рисунок 1). Ячмень обладает низкой частотой спонтанного мутирования и одновременно достаточно высокой чувствительностью к внешним повреждающим воздействиям, что делает его уникальным тест-объектом для индикации биологического действия ксенобиотиков [12].

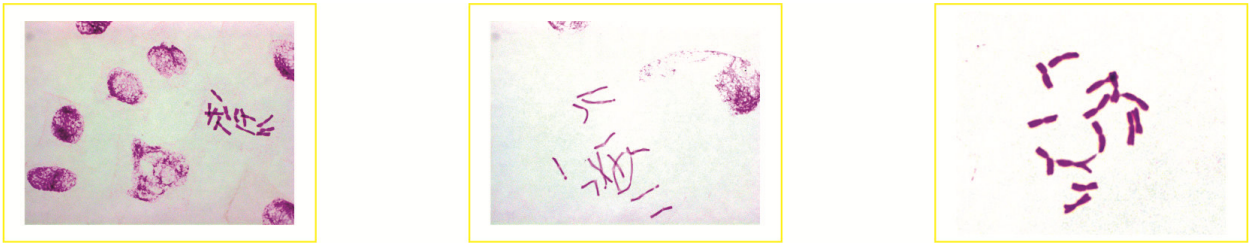


Рисунок 1 – Метафазные пластинки ячменя в норме (2n=14), х 400

В качестве испытуемых веществ на токсическую и мутагенную активность были взяты водные растворы экстрактов из подземной и надземной частей растений кермека Гмелина (*Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze, сем. *Plumbaginaceae*).

Были проведены полевые экспедиционные исследования для заготовки растительного сырья лекарственных видов растения рода *Limonium* (*Plumbagenaceae)* в естественных условиях произрастания (в Райымбекском районе Алматинской области и в Шиелийском районе Кызылординской области) для их последующего фитохимического исследования**.**

По общепринятым методикам ГОСТов и Государственной Фармакопеи Казахстана (ГФ РК) были определены показатели доброкачественности *Limonium gmelinii* (влажность, общая зола); показатели экстрактивных веществ разнополярными растворителями (водой, 70% водно-этиловым, 90% водно-этиловым, 50% водным ацетоном, ацетоном, хлороформом), аминокислотный и жирнокислотный состав [13, 14].

Для идентификации биологически активных веществ использовали методы одно- и двумерной бумажной, тонкослойной хроматографии на закрепленном слое сорбента. Для количественного определения основных групп БАВ использовали методы экстракции, титрования, УФ-спектрометрии.

Для выделения биологически активных соединений проведен подбор растворителей, оптимизирован технологический режим. С целью оптимизации процесса экстракции биологически активных веществ, изучено влияние соотношений: сырье-растворитель, время экстракции, температура.

Состав аминокислот определяли на аминокислотном анализаторе «Карло Эрба» (Carlo Erba, Италия) по известной методике по времени удерживания стандартных образцов [14].

Методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «CARLO ERBA – 4200» (Carlo Erba, Италия) был проведен сравнительный компонентный анализ и определено количественное содержание жирных кислот изученных образцов растений.

Флавоноиды в пересчете на кверцетин определяли по стандартным методикам [14], а определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье проводили согласно ГОСТ 24027.2-80 [13].

Токсичность определяли по всхожести семян. В опытах по изучению мутагенной активности в качестве положительного контроля использовали классический мутаген метилметансульфонат (ММС, $C_2H_6O_3S$), являющийся алкилирующим агентом прямого действия и обладающим мутагенной актив-

ностью в стандартных краткосрочных тестах in vivo и in vitro. Он индуцирует SOS-ответ в umu-тесте на *S. typhimurium* TA1535/pSK1002, индуцирует точковые мутации у бактерий без метаболической активации. У дрозофилы ММС вызывает соматические и сцепленные с полом рецессивные летальные мутации. Вызывает повреждения ДНК в культуре альвеолярных макрофагов кролика и гепатоцитов крыс; неплановый синтез ДНК в эпителии трахеи крыс, первичных гепатоцитах крыс, мышей, хомяков и эпидермальных кератиноцитах мышей *in vitro.* Он увеличивает частоту сестринских хроматидных обменов и хромосомных аберраций, вызывает неопластическую трансформацию в культурах клеток грызунов. На клетках человека *in vitro* индуцирует одноцепочечные разрывы и внеплановый синтез ДНК, генные мутации, микроядра и сестринские хроматидные обмены. *In vivo* метилметансульфонат вызывает мутации в половых клетках мышей, а в соматических клетках грызунов – ДНК-повреждения, сестринские хроматидные обмены, хромосомные аберрации. Обоснованность выбора ММС в качестве положительного контроля как генотоксического фактора – чрезвычайно широкий спектр генетической активности в различных тест-системах **[**15**].**

В работе были использованы водные растворы ММС в концентрациях 1,0 и 5,0 мг/л Водные растворы экстрактов растений были использованы в концентрациях 25,0; 50,0 и 100 мг/л. Обработка каждым веществом проводилась в течение 4-х часов. После каждой обработки семена промывали, слегка подсушивали и проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой, при t = 25 ± 1°С в условиях термостата.

Для определения мутагенной активности исследуемых экстрактов растений был использован тест по учету хромосомных аберраций. Цитогенетический тест информирует о частоте и типах структурных перестроек (аберраций) хромосом и об изменениях в их числе. Для изучения соматических хромосом на стадии митоза, кариотипирования и учета хромосомных перестроек используется меристематическая ткань кончика корня [16].

За 4 часа до первой фиксации семена переносили на 0,01% раствор колхицина для накопления метафазных пластинок. В качестве фиксатора использовали раствор этилового спирта и ледяной уксусной кислоты (3:1). Во всех вариантах проводили по 4 фиксации с интервалом в 3 часа. В качестве красителя использовался водный раствор фуксинсернистой кислоты. Перед окрашиванием зафиксированные корешки отмывали от фиксатора в нескольких порциях дистиллированной воды, затем помещали в холодный раствор HCl, разбавленный 1:1 водой, и выдерживали 40 минут. После тщательной отмывки от HCl дистиллированной водой корешки помещали в водный раствор фуксинсернистой кислоты и оставляли на ночь. Окрашенные корешки промывали в трех порциях свежеприготовленной сернистой воды, после чего проводили ферментативную мацерацию в течение 40-60 минут для разрушения межклеточного вещества и клеточной стенки. Полученные препараты помещали в холодильную камеру с температурой -74±1°С на 24 часа. Затем освобождали замороженный препарат от покровного стекла и пропускали через батарею спиртов для обезвоживания и получения постоянных цитологических препаратов.

Учет структурных нарушений хромосом проводили с помощью метафазного метода анализа хромосом на микроскопе серии Olympus BX 43F (Olympus, Япония). В каждом варианте опыта просматривали от 400 до 500 метафаз. При анализе структурных нарушений хромосом учитывали не только общее количество нарушений, но и все типы хромосомных и хроматидных перестроек. Во всех случаях негативным контролем служил естественный мутационный процесс, протекающий в клетках корневой зародышевой меристемы семян ячменя, а позитивным контролем – уровень хромосомных аберраций, индуцированных метилметансульфонатом.

Статистическую обработку полученных результатов проводили стандартными методами с использованием критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований были определены показатели доброкачественности сырья растений рода *Limonium gmelinii* из естественных мест произрастания. Изучаемые виды сырья *L. gmelinii* были заготовлены в соответствии с требованиями к их заготовке, сушке и хранению в соответствии с принятыми стандартами и инструкциями [13]. Проведены их макроскопический и микроскопический анализы, радионуклидный контроль, получены данные по наличию в них тяжелых металлов. Кроме установления степени измельчения сырья, доброкачественность сырья включает в себя также

такие показатели как определение влажности, золы общей, золы, нерастворимой в 10% соляной кислоте, сульфатной золы и экстрактивных или действующих веществ (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели доброкачественности (%) надземной части и корней и корневищ *Limonium gmelinii*

Показатели	*L. gmelinii*	
	надземная часть	подземная часть
Экстрактивные вещества	31,12	35,7
Влажность	9,22	9,11
Общая зола	15,31	5,72
Зола, нерастворимая в 10% HCl	0,64	0,71
Сульфатная зола	18,32	7,73

Показатель «Общая зола» указывает на количество минеральных веществ, содержащихся как в самом сырье, так и в примесях. Для изучаемых подземной и надземной частей это значение составляет не более 6%, что значительно ниже, чем для фармакопейных образцов (до 14%). Значения показателя «Зола, нерастворимая в 10% HCl», дает возможность отследить количественное содержание примесей в растительном сырье и, в первую очередь, судить о правильности их заготовки (не более 1,5%).

Допустимые значения примесей регламентировано ведущими фармакопеями мира, в том числе и ГФ РК, что в эксперименте было подтверждено и для подземной, и для надземной частей исследуемого вида растений. Количество же сульфатной золы для *L. Gmelinii* значительно и оно, как правило, соизмеримо с содержанием металлов в растениях, образующих нерастворимые сульфаты. К таким металлам относится кальций, содержание которого, как показал микроэлементный анализ сырья, в них значителен, так как растения рода *L. gmelinii*, как известно, содержат канальцы, удаляющие избыточное количество кальциевых и натриевых солей из почвы.

Все установленные товароведческие показатели характеризуют взятые для исследования подземную и надземную части растений вида кермека Гмелина как достаточно качественное лекарственное сырье, на основе которого возможно получение лекарственных субстанций в виде сухих экстрактов.

С применением ключевых методов анализа были проведены избирательные виды экстракции, хроматографическое разделение комплекса биологически активных веществ, а также установление компонентного качественного и количественного состава основных групп БАВ. Показано, что доминирующими компонентами в исследуемых субстанциях являются полифенольные соединения, представленные в основном дубильными веществами и окисленными формами флавоноидов (из них преобладают мирицетин и его различные гликозиды). Данными кислотного и тиольного гидролиза, щелочным расщеплением, хроматографическим и спектральным методами анализа было показано, что дубильные компоненты представлены конденсированными их видами, а среди окисленных форм флавоноидов преобладают мирицетин и его различные гликозиды. Необходимо отметить, что именно конденсированные дубильные вещества являются самыми эффективными природными антиоксидантами, что очень важно и для исследуемых образцов.

Сравнительный анализ данных о количественном содержании основных групп БАВ в подземной и надземной частях кермека Гмелина свидетельствует о соизмеримости в них дубильных веществ, полисахаридов, флавоноидов, кумаринов, каротиноидов и сапонинов и, следовательно, о целесообразности всестороннего изучения этих растений в целом, что выгодно с экономической точки зрения (таблица 2). Следовательно, можно говорить об использовании как надземной, так и подземной частей исследуемых растений.

Таблица 2 – Количественная оценка БАВ в субстанциях, полученных из корней и надземной части кермека Гмелина

Основные группы БАВ	Содержание БАВ в субстанции,% от сухого сырья	
	подземная часть	надземная часть
Дубильные вещества	26,1	27,01
Полисахариды	6,97	6,98
Флавоноиды	10,02	9,50
Кумарины	0,33	0,30
Каротиноиды	3,12	3,01
Сапонины	2,73	2,68

Доминирующими компонентами в исследуемых растительных субстанциях являются полифенольные соединения, представленные в ос-

новном дубильными веществами и окисленными формами флавоноидов (из них преобладают мирицетин и его различные гликозиды). Данными кислотного и тиольного гидролиза, щелочным расщеплением, хроматографическим и спектральным методами анализа было показано, что дубильные компоненты представлены конденсированными их видами, а среди окисленных форм флавоноидов преобладают мирицетин и его различные гликозиды. Необходимо отметить, что именно конденсированные дубильные вещества являются самыми эффективными природными антиоксидантами, что очень важно и для исследуемых образцов.

Фитотоксичность субстанций из подземной и надземной частей растений *L. gmelinii*, содержащих комплекс биологически активных веществ, определялась по всхожести обработанных данными субстанциями семян (таблица 3). Всхожесть семян, обработанных водными растворами ММС в концентрациях 1,0 и 5,0 мг/л, составила 86,73% и 74,33%, соответственно. Сравнительный анализ показал, что всхожесть обработанных раствором мутагена разной концентрации семян снизилась соответственно в 1,08 (статистически не достоверно) и 1,26 ($p<0.01$) раза по сравнению с контролем. При этом, всхожесть семян, обработанных субстанцией, содержащей БАВ как из подземной, так и надземной частей кермека, в концентрациях 25,0; 50,0 и 100,0 мг/л, была на уровне контроля (пророщенные на дистиллированной воде). Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии токсических эффектов у субстанций из кермека Гмелина в тесте на всхожесть семян.

Нами также изучалась мутагенная активность изучаемых субстанций в тесте по учету хромосомных аберраций. Результаты цитогенетического исследования мутагенных эффектов ММС и БАВ в клетках корневой зародышевой меристемы семян ячменя представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Всхожесть семян ячменя, раздельно обработанных водными растворами биологически активных веществ из растений *L. gmelinii* и метилметансульфонатом

Вариант	Всхожесть семян		
	25,0 мг/л	50,0 мг/л	100,0 мг/л
БАВ *Limonium gmelinii* (подземная часть)	95,67±2,88	94,33±3,27	97,66±2,14
БАВ *Limonium gmelinii* (надземная часть)	96,33±2,66	95,67±2,88	98,33±1,81*
Контроль (вода)	93,67±3,44		
ММС, 1,0 мг/л	86,73±5,87		
ММС, 5,0 мг/л	74,33±6,18♦		
Примечание – * – $p<0,001$ в сравнении с ММС, ♦ – $p<0.01$ в сравнении с контролем			

Таблица 4 – Частота и спектр структурных нарушений хромосом, индуцированных экстрактами из подземной и надземной частей *L. gmelinii* в семенах ячменя

Вариант опыта	Всего изучено клеток	Частота аберрантных клеток (M ± m%)	Число хромосомных аберраций на 100 метафазных клеток		
			всего аберраций	хромосомного типа	хроматидного типа
Вода	470	1,49 ± 0,56	1,49 ± 0,56	0,85 ± 0,42	0,64 ± 0,37
ММС, 5 мг/л	518	6,18 ± 1,06*	7,92 ± 1,19**	4,83 ± 0,94**	3,09 ± 0,76*
L. gmelinii, субстанция из подземной части					
25,0 мг/л	482	1,24 ± 0,50	1,24 ± 0,50±	0,83 ± 0,41	0,41 ± 0,29
50,0 мг/л	513	1,17 ± 0,47	1,17 ± 0,47	0,78 ± 0,39	0,39 ± 0,28
100 мг/л	452	1,33 ± 0,54	1,33 ± 0,54	0,66 ± 0,38	0,66 ± 0,38

Продолжение таблицы 4

Вариант опыта	Всего изучено клеток	Частота аберрантных клеток (M ± m%)	Число хромосомных аберраций на 100 метафазных клеток		
			всего аберраций	хромосомного типа	хроматидного типа
L. gmelinii, субстанция из надземной части					
25,0 мг/л	567	1,23 ± 0,46	1,23 ± 0,46	0,88 ± 0,39	0,35 ± 0,25
50,0 мг/л	526	1,33 ± 0,50	1,33 ± 0,50	0,76 ± 0,38	0,57 ± 0,33
100 мг/л	573	1,01 ± 0,41	1,01 ± 0,41	1,33 ± 0,50	1,33 ± 0,50
Примечание – * – p<0,01; ** – p<0,001 в сравнении с контрольными значениями					

Согласно представленным результатам и сравнительному анализу частоты аберрантных клеток и числа хромосомных аберраций на 100 метафаз в корневой меристеме семян ячменя, раздельно обработанных дистиллированной водой и растворами БАВ в различных концентрациях, экстракты кермека из подземной и надземной частей растений не проявили мутагенной активности. Уровень структурных нарушений хромосом во всех вариантах опыта с БАВ достоверно не отличался от негативного контроля (дистиллированная вода). В то же время, ММС с высокой частотой индуцировал широкий спектр структурных перестроек хромосом.

Спектр хромосомных аберраций у ячменя, обработанного водой и растворами БАВ, был представлен перестройками хромосомного и хроматидного типов, в числе которых парные и одиночные концевые делеции, точковые фрагменты.

В вариантах, где семена обрабатывали метилметансульфонатом, спектр также был представлен нарушениями как хромосомного, так и хроматидного типов. Однако частота структурных мутаций, как уже отмечалось выше, была в несколько раз выше, чем в вариантов с водой и БАВ.

Нарушения хромосомного типа были представлены в основном парными фрагментами (концевые делеции) и парными точечными фрагментами. Встречались также единичные центрические кольца, дицентрики и хромосомные конфигурации, возникающие в результате симметричных хромосомных транслокаций. Кроме того, необходимо отметить, что под воздействием ММС в одной клетке поражались две и более хромосом.

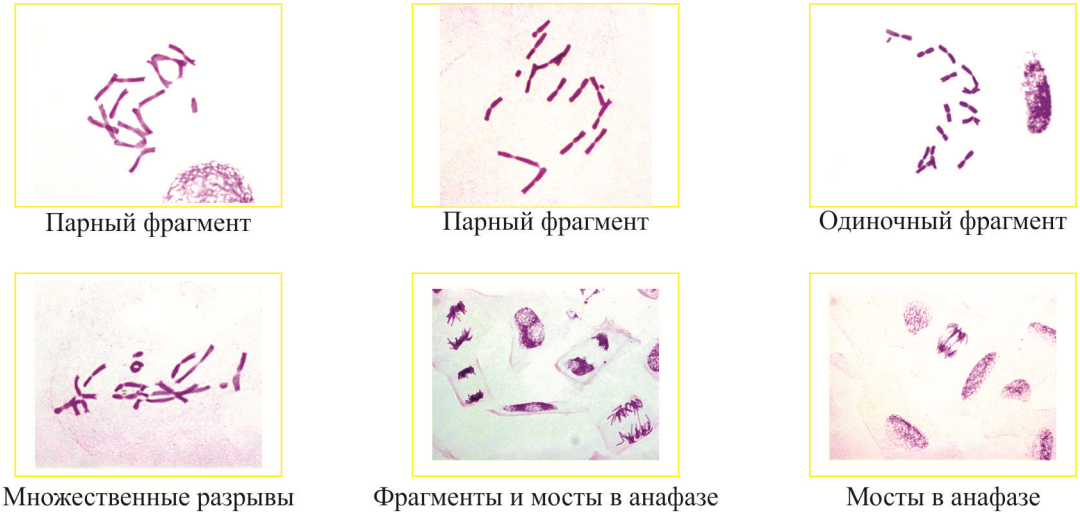


Рисунок 2 – Структурные мутации у ячменя, индуцированные метилметансульфонатом (2n=14), x 400

Наряду с аберрантными метафазами также наблюдались многочисленные анафазные клетки с отставанием хромосом, мостами и фрагментами. Наиболее часто встречающиеся типы хромосомных аберраций, индуцируемые мутагеном, представлены на рисунке 2.

Таким образом, проведенные исследования показали, что обработка семян ячменя водными растворами субстанций, выделенных из корней и корневищ, а также из надземной части *Limonium gmelinii*, при использованных концентрациях не подавляла всхожести семян. Метилметансульфонат в концентрации 5 мг/л существенно снизил всхожесть семян по сравнению с контролем ($p<0.01$). В тесте по учету хромосомных аберраций (метафазный метод) была изучена частота и спектр структурных мутаций в корневой зародышевой меристеме семян ячменя, обработанных растительными экстрактами. Установлено, что частота структурных нарушений хромосом была на уровне контроля, что свидетельствует об отсутствии мутагенной активности у изучаемых комплексов БАВ в использованных концентрациях.

Известно, что повреждения ДНК играют не последнюю роль в запуске и развитии различных патологических процессов. Наиболее значимыми являются сбои, возникающие в результате окисления оснований ДНК активными формами кислорода (АФК). АФК могут образоваться как в ходе нормального метаболизма, так и в результате действия многих мутагенов окружающей среды. При этом, необходимо отметить, что АФК при минимальных концентрациях участвуют в регуляции молекулярно-биохимических реакций и физиологических функций организма. Однако при высоких концентрациях в организме эти формы кислорода вызывают окислительный стресс, ускоряющий процесс старения клетки и целого организма, вызывают злокачественную трансформацию клеток, нейродегенерацию, атеросклероз, аутоиммунные и многие другие хронические заболевания, а также увеличить частоту хромосомных аберраций [17, 18].

Насыщение биосферы различными экологически опасными факторами, в числе которых тяжелые металлы, пестициды, различные красители, углеводороды и др., многие из которых обладают токсическим, мутагенным, тератогенным, канцерогенным действием, способствует не только накоплению мутационного груза, но и формированию геномной нестабильности. Возможные последствия воздействия различных загрязнителей на геном организма, как уже отмечалось выше, – рост частоты наследственных, онкологических и других заболеваний человека, а также утрат генофонда и уменьшение биологического разнообразия. Учитывая вклад повреждений ДНК в патологические процессы, необходима разработка мер генетической безопасности, к числу которых относится изучение и дальнейшее применение антимутагенов, способных снижать уровень спонтанных и индуцированных мутаций [17]. Многие антимутагены-антиоксиданты полифункциональны и влияют на различные этапы и пути становления мутационных событий. Они выступают в роли ловушек свободных радикалов, подавляют систему метаболической активации ксенобиотиков, активируют систему детоксикации мутагенов, активируют процессы репарации поврежденной ДНК и запускают апоптоз для клеток, «перегруженных» мутациями и хромосомными перестройками [17].

В связи с вышеизложенным нам представляется целесообразным изучить антимутагенный потенциал субстанций, выделенных из корней и корневищ и надземной части растений *Limonium gmelinii*, содержащих комплекс биологически активных веществ.

Работа выполнена в рамках проекта МОН РК 0587/ГФ4, ГР № 0115РК00378. Руководитель – Колумбаева С.Ж.

Литература

1 Курляндский БА, Филова ВА (2002) Общая токсикология. Медицина, Москва, Россия. ISBN: 5-225-04609-6.

2 Natarajan AT, Obe G, Hayashi M, Ikushima T (2002) Chromosomal aberrations: perspectives for the 21st Century, Mutation Research: Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 504 (1-2): 1-2. DOI: 10.1016/S0027-5107(02)00074-X.

3 González M., Soloneski S., Reigosa M.A., Larramendy M.L (2003) Effect of dithiocarbamate pesticide zineb and its commercial formulation, azzurro. IV. DNA damage and repair kinetics assessed by single cell gel electrophoresis (SCGE) assay on Chinese hamster ovary (CHO) cells, Mutation Research: Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 534 (1-2): 145-154. DOI: 10.1016/S1383-5718(02)00257-7.

4 Xia X (2008) The cost of wobble translation in fungal mitochondrial genomes: integration of two traditional hypotheses, BMC Evolutionary Biology, 8: 211. DOI: 10.1186/1471-2148-8-211.

5 Васильева ИМ, Шагирова ЖМ, Синельщикова ТА, Мавлетова ДА, Кузьмина НС, Засухина ГД (2009) Защита радиочувствительных клеток человека от воздействия тяжелых металлов антимутагенами и адаптирующими факторами. Связь с генетическим и белковым полиморфизмом, Генетика, 45 (6): 753-757. DOI: 10.1134/S1022795409060040.

6 Гончарова РИ, Кужир ТД (2005) Молекулярные основы применения антимутагенов в качестве антиканцерогенов, Экологическая генетика, 3 (3): 19-32.

7 Uzun F, Kalender S, Durak D, Demir F, Kalender Y (2007) Malathion-induced testicular toxicity in male rats and the protective effect of vitamins C and E, Food and Chemical Toxicology, 47 (8): 1903-1908. DOI: 10.1016/j.fct.2009.05.001.

8 Liu W, Di Giorgio C, Lamidi M, Elias R, Ollivier E, De Meo MP (2011) Genotoxic and clastogenic activity of saponins extracted from Nauclea bark as assessed by the micronucleus and the comet assays in Chinese Hamster Ovary cells, Journal of Ethnopharmacology, 137: 176 – 183. DOI: 10.1016/j.jep.2011.05.005.

9 Edziri H, Mastouri M, Mahjoub A, Anthonissen R, Mertens B, Cammaerts S, Gevaert L, Verschaeve L (2011) Toxic and mutagenic properties of extracts from Tunisian traditional medicinal plants investigated by the neutral red uptake, VITOTOX and alkaline comet assays, South African Journal of Botany, 77: 703–710. DOI: 10.1016/j.sajb.2011.03.007.

10 Kalantari H, Galehdari H, Zaree Z, Gesztelyi R, Varga B, Haines D, Bombicz M, Tosaki A, Juhasz B (2013) Toxicological and mutagenic analysis of Artemisia dracunculus (tarragon) extract, Food and Chemical Toxicology, 51: 26–32. DOI: 10.1016/j.fct.2012.07.052.

11 Timothy O, Idu M, Olorunfemi DI, Ovuakporie-Uvo O (2014) Cytotoxic and genotoxic properties of leaf extract of Icacina trichantha Oliv., South African Journal of Botany, 91: 71–74. DOI: 10.1016/j.sajb.2013.11.008.

12 Гераськин СА, Сарапульцева ЕА (2010) Биологический контроль окружающей среды. Генетический мониторинг. Академия, Москва, Россия. ISBN: 978-5-7695-6536-6.

13 ГОСТ 24027.2-80 Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла, Лекарственное растительное сырье. Часть 2. Корни, плоды, сырье. Москва, Россия, 1999.

14 Государственная фармакопея Республики Казахстан. Т 1. Жибек жолы, Алматы, Казахстан, 2008.

15 Худолей ВВ (1999) Канцерогены: характеристики, закономерности, механизмы действия. НИИ Химии СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия. ISBN: 5-7997-0170-4.

16 Немцева ЛС (1970) Метафазный метод учета перестроек хромосом. Наука, Москва, Россия.

17 Гончарова Р, Кужир Т, Рябоконь Н (2010) Антимутагены на благо здоровья, Наука и инновации, 4: 25-30.

18 Chen K-H, Wang, K-J, Wang K-M, Adrian AM (2014) Applying Particle Swarm Optimization-Based Decision Tree Classifier for Cancer Classification on Gene Expression Data, Applied Soft Computing, 24: 773-780. DOI: 10.1016/j.asoc.2014.08.032.

References

1 Kurliandskii BA, Filova VA (2002) General Toxicology [Obshchaia toksikologiia]. Meditsina, Moscow, Russia. ISBN: 5-225-04609-6. (In Russian).

2 Natarajan AT, Obe G, Hayashi M, Ikushima T (2002) Chromosomal aberrations: perspectives for the 21st Century, Mutation Research: Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 504 (1-2): 1-2. DOI: 10.1016/S0027-5107(02)00074-X.

3 González M., Soloneski S., Reigosa M.A., Larramendy M.L (2003) Effect of dithiocarbamate pesticide zineb and its commercial formulation, azzurro. IV. DNA damage and repair kinetics assessed by single cell gel electrophoresis (SCGE) assay on Chinese hamster ovary (CHO) cells, Mutation Research: Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 534 (1-2): 145-154. DOI: 10.1016/S1383-5718(02)00257-7.

4 Xia X (2008) The cost of wobble translation in fungal mitochondrial genomes: integration of two traditional hypotheses, BMC Evolutionary Biology, 8: 211. DOI: 10.1186/1471-2148-8-211.

5 Vasilyeva IM, Shagirova ZhM, Sinelshikova TA, Mavletova DA, Kuzmina NS, Zasukhina GD (2009) Protection of radiosensitive human cells against the action of heavy metals by antimutagens and adapting factors: Assotiation with genetic and protein polymorphisms, Russian Journal of Genetics, 45 (6): 659-662. DOI: 10.1134/S1022795409060040.

6 Goncharova RI, Kuzhir TD (2005) Molecular basis of applying antimutagens as anticarcinogens [Molekuliarnye osnovy primeneniia antimutagenov v kachestve antikantserogenov], Ekologicheskaia genetika, 3 (3): 19-32. (In Russian)

7 Uzun F, Kalender S, Durak D, Demir F, Kalender Y (2007) Malathion-induced testicular toxicity in male rats and the protective effect of vitamins C and E, Food and Chemical Toxicology, 47 (8): 1903-1908. DOI: 10.1016/j.fct.2009.05.001.

8 Liu W, Di Giorgio C, Lamidi M, Elias R, Ollivier E, De Meo MP (2011) Genotoxic and clastogenic activity of saponins extracted from Nauclea bark as assessed by the micronucleus and the comet assays in Chinese Hamster Ovary cells, Journal of Ethnopharmacology, 137: 176 – 183. DOI: 10.1016/j.jep.2011.05.005.

9 Edziri H, Mastouri M, Mahjoub A, Anthonissen R, Mertens B, Cammaerts S, Gevaert L, Verschaeve L (2011) Toxic and mutagenic properties of extracts from Tunisian traditional medicinal plants investigated by the neutral red uptake, VITOTOX and alkaline comet assays, South African Journal of Botany, 77: 703–710. DOI: 10.1016/j.sajb.2011.03.007.

10 Kalantari H, Galehdari H, Zaree Z, Gesztelyi R, Varga B, Haines D, Bombicz M, Tosaki A, Juhasz B (2013) Toxicological and mutagenic analysis of Artemisia dracunculus (tarragon) extract, Food and Chemical Toxicology, 51: 26–32. DOI: 10.1016/j.fct.2012.07.052.

11 Timothy O, Idu M, Olorunfemi DI, Ovuakporie-Uvo O (2014) Cytotoxic and genotoxic properties of leaf extract of Icacina trichantha Oliv., South African Journal of Botany, 91: 71–74. DOI: 10.1016/j.sajb.2013.11.008.

12 Geras'kin SA, Sarapul'tseva EA (2010) Biological control of environment. Genetic monitoring [Biologicheskii kontrol' okruzhaiushchei sredy. Geneticheskii monitoring]. Akademiia, Moscow, Russia. ISBN: 978-5-7695-6536-6. (In Russian).

13 GOST 24027.2-80 Medicinal plant raw. Methods for determination of moisture, ash, extractives and tannins, essential oil, medicinal plant raw materials. Part 2: The roots, fruits, raw. [GOST 24027.2-80 Syr'e lekarstvennoe rastitel'noe. Metody opredeleniia vlazhnosti, soderzhaniia zoly, ekstraktivnykh i dubil'nykh veshchestv, efirnogo masla, Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e. Chast' 2. Korni, plody, syr'e]. Moscow, Russia, 1999. (In Russian).

14 State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. V. 1 [Gosudarstvennaia farmakopeia Respubliki Kazakhstan. T 1]. Zhibek zholy, Almaty, Kazakhstan, 2008. (In Russian).

15 Khudolei VV (1999) Carcinogens: Characteristics, patterns, mechanisms of action [Kantserogeny: kharakteristiki, zakonomernosti, mekhanizmy deistviia]. NII Khimii SPbGU, St. Petersburg, Russia. ISBN: 5-7997-0170-4. (In Russian).

16 Nemtseva LS (1970) Metaphase method of accounting for chromosome rearrangements [Metafaznyi metod ucheta perestroek khromosom]. Nauka, Moscow, Russia. (In Russian).

17 Goncharova R, Kuzhir T, Riabokon' N (2010) Antimutagens for health [Antimutageny na blago zdorov'ia], Nauka i innovatsii, 4: 25-30. (In Russian).

18 Chen K-H, Wang, K-J, Wang K-M, Adrian AM (2014) Applying Particle Swarm Optimization-Based Decision Tree Classifier for Cancer Classification on Gene Expression Data, Applied Soft Computing, 24: 773-780. DOI: 10.1016/j.asoc.2014.08.032.

Смайлов Б.Б., Мурсалимов А.А., Бисенбаев А.К.

НИИ проблем биологии и биотехнологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Роль TOR сигнальной системы в начальных стадиях прорастания зерна пшеницы

В настоящей работе было показано дозозависимое подавляющее влияние рапамицина, специфического ингибитора TOR киназы, на рост и развитие изолированных зародышей и цельного зерна пшеницы Triticum aestivum, в присутствии фитогормона гиббереллина, стимулирующего прорастание зерен пшеницы. Скорость роста колеоптилей и корней зародышей на 4 сутки инкубации снижалась от 50% до полного торможения при добавлении рапамицина в дозе от 0,1 до 10 μM. Значительное подавление роста зародышей также наблюдалось в присутствии АТФ-конкурентных ингибиторов TOR киназы – pp242 и Torin-1 в концентрации 0,25 μM. Влияние ингибиторов TOR на прорастание цельных зерен пшеницы наблюдался в менее выраженной степени по сравнению с отделенными от эндосперма зародышами. Также был показан ингибирующий эффект рапамицина на секрецию и активность α-амилазы в щитке зерна пшеницы в первые 24 часа прорастания, на основе которого можно судить о возможной роли TOR киназы и ее эффекторов в процессах синтеза и секреции α-амилазы. Для определения возможной причины чувствительности пшеницы был проведен сравнительный анализ PROVEAN влияния замены аминокислот на функцию белков FKBP12 T.aestivum, H.sapiens, S.cerevisiae, C.reinhardtii и A.thaliana.

Ключевые слова: TOR киназа, рапамицин, α-амилаза, пшеница, FKBP12.

Smailov B.B., Mursalimov A.A., Bissenbaev A.K.

Kazakh National University by al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

Role of TOR signaling in early stages of wheat grain germination

Осы жұмыста бидай тұқымның өнуін ынталандыратын гиббереллин фитогормоны бар ортада TOR киназаның спецификалық ингиботоры рапамициннің Triticum aestivum бидай дәнінің және бөліп алынған ұрықтық бөлімінің өсіп-өнуіне дозатәуелді тежеуші әсері көрсетілді. 0,1 - 10 μM дозасында рапамицин қосқылған жағдайда ұрықты инкубациялаудың 4 тәулігінде колеоптель мен тамырдың өсу жылдамдығы 50% дан 100% дейін төмендеді. Сонымен қатар, 0,25 μM концентрациясында TOR киназаның АТФ-конкурентті ингибиторы – pp242 және Torin-1 қосылған жағдайда ұрықтың өсуінің едәуір тежелуі байқалды. TOR ингибиторлардың бидай дәнінің өсіп-өнуіне әсері бөліп алынған ұрықтық бөлімінің әсеріне салыстырғанда кіші болды. Өсіп-өнуінің алғашқы 24 сағатында бидай дәнінің дәнжарнағында α-амилаза секрециясы мен белсенділігіне рапамициннің тежеуші әсері көрсетілді. Осы нәтижесінің негізінде TOR киназаның және оның эффекторлардың α-амилазаның түзілуі мен секреция үдерістерге араласуы туралы пікір айтуға болады. Бидайдың рапамицинге сезімталдығының мүмкін себебін анықтау үшін PROVEAN салыстырмалы анализі арқылы T.aestivum, H.sapiens, S.cerevisiae, C.reinhardtii мен A.thaliana FKBP12 гомологтарының функциясына аминқышқылдарының алмастырылуының әсерін есептеп шығарылды.

Key words: TOR kinase, rapamycin, wheat, α-amylase, FKBP12.

Смайлов Б.Б., Мурсалимов А.А., Бисенбаев А.К.

Әл-Фарааби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

Бидай дәнінің өсіп-өну процесінің бастапқы кезеңіндегі TOR сигналдық жүйесінің рөлі

In the present work, we showed an inhibitory dose-dependent effect of rapamycin, the specific inhibitor of TOR kinase, on growth and development of isolated embryos and whole grains of Triticum aestivum in presence of Gibberellin, a stimulator of wheat grain germination. Growth rate of coleoptiles and roots on 4th day of incubation decreased down to 50% or more when rapamycin was added in concentration of 0,1-10 μM. Significant growth inhibition in embryos was observed in presence of ATP-competitive TOR kinase inhibitors – pp242 and Torin-1 in dose of 0,25 μM. Effect of TOR inhibitors on germination of whole grains was less manifested compared to isolated embryos. Also a suppressive effect of rapamycin on activity and secretion of α-amylase in wheat grain scutellum was detected. This can serve as an indicator of possible role TOR kinase and its effectors play in processes of α-amylase synthesis and secretion. In order to determine a prospective reason for sensitivity of wheat to rapamycin the PROVEAN comparative analysis of what effect certain amino acid substitutions have on the protein function of FKBP12 homologues of T.aestivum, H.sapiens, S.cerevisiae, C.reinhardtii and A.thaliana.

Түйін сөздер: TOR киназа, рапамицин, бидай, α-амилаза, FKBP12.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 577.2.04

Смайлов Б.Б., Мурсалимов А.А., *Бисенбаев А.К.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
НИИ проблем биологии и биотехнологии,
Республика Казахстан, г. Алматы
*E-mail: amangeldy.bissenbaev@kaznu.kz

РОЛЬ TOR СИГНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОРАСТАНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Изменение темпа роста в ответ на влияние факторов окружающей среды, таких как наличие питательных ресурсов, является неотъемлемым механизмом в выживании живых организмов. Основной функцией консервативной серин/треониновой киназы TOR (target of rapamycin) является регуляция клеточного роста и деления эукариотических организмов. У дрожжей и животных, данный фермент контролирует множество биологических процессов, включая транскрипцию и трансляцию рибосомальных компонентов, что вносит значимый вклад в процесс клеточного роста. TOR киназа обнаружена как минимум в двух огромных белковых комплексах с большим количеством различных субстратов. Первый комплекс TORC1 содержит, помимо самой TOR киназы (TOR1 или TOR2 у дрожжей), белки RAPTOR/KOG1, mLST8/GβL и имеет чувствительность к рапамицину. В состав другого комплекса, TORC2, входят Rictor/AVO3 и mLST8/GβL, данный комплекс фосфорилирует Akt/PKB в животных клетках [1, 2]

Растительные организмы, в большинстве своем неподвижные и ограниченные к одному месту обитания, обязаны постоянно подстраивать темпы роста (выраженного в увеличении размеров органов) и развития (состоящего в формировании новых органов и структур) под доступность внешних ресурсов, таких как свет, влага и минеральные вещества. Однако о генах и механизмах, участвующих в восприятии и передача внешних стимулов у растений, имеется слишком мало информации. Некоторые компоненты TOR сигнального пути, обнаруженные у растений, такие как Raptor, LST8, S6 киназа и Tap46, представляют собою идеальных кандидатов на роль внутриклеточных посредников между рецепцией информации о наличии питательных веществ и регуляцией роста организма [3]. Открытие TOR киназы непосредственно связано с антибиотиком макролидной природы рапамицином, обладающим способностью подавлять клеточный рост и пролиферацию. Рапамицин, образуя комплекс с внутриклеточным белком FKBP12, связывается с определенным участком TOR (FRB, FKBP12-rapamycin binding domain), препятствуя образованию TOR комплекса и ингибируя, таким образом, киназную активность фермента [4]. Первые эксперименты по изучения влияния рапамицина на

растительные организмы показали, что высшие растения устойчивы к низким концентрациям данного макролида, в отличие от одноклеточных водорослей [5, 6]. Поэтому долгое время в целях изучения действия TOR киназы в растениях ставился акцент на получение и использование различных мутантов по генам элементов TOR комплекса и его субстратов [6, 7]. Позднее было выявлено, что рапамицин не способен подавить рост проростков арабидопсиса даже в высоких концентрациях (до 20 μM) [8], хотя для ингибирования фосфорилирования AtS6K, субстрата TOR киназы, достаточно 0,1 μM [9], что в 10 раз превышает эффективную дозу рапамицина для животных клеток. До настоящего момента не было показано влияние ингибирования TOR сигнального пути на рост и развитие многоклеточного растительного организма без вмешательства в активность генов-компонентов TOR комплекса.

Процесс прорастания зерна пшеницы контролируется фитогормоном гибберелловой кислотой (ГК), который выделяется в зародыше и диффундирует в клетки щитка и алейронового слоя, вызывая синтез и секрецию в эндосперм α-амилазы и других гидролитических ферментов, таким образом обеспечивая зародыш питательными веществами необходимыми для активного роста и деления клеток. Так как TOR киназная система играет ключевую роль в клеточном росте, действие его ингибиторов на прорастание зародышей наблюдалось в присутствии экзогенного ГК.

В данной работе показано прямое воздействие рапамицина на рост и развитие зародыша зерна пшеницы в первые дни прорастания, а также на уровень секреции α-амилазы в щитке зародыша.

Материалы и методы

Инкубация зародышей зерна пшеницы. Зерна мягкой пшеницы сорта Казахстанская-4 стерилизовали в 0,5% растворе гипохлорида натрия в течение часа, затем тщательно отмывали 5-6 раз в дистиллированной воде 90 мин. Стерилизованные зерна помещали на фильтровальную бумагу, пропитанную водой, и инкубировали 24 часа. Зародыши отделяли от остатка зерна и помещали на инкубационную среду, содержащую 0,5-кратную концентрацию среды Мурасиге-Скуга, 10 мМ $CaCl_2$, 3% сахарозы и 0,8% агарозы с добавлением фитогормонов гибберелловой (ГК) и абсцизовой кислот (АБК) и/или ингибиторов TOR киназы. Для инкубации целых зерен пшеницы после стерилизации зерна помещали на фильтровальную бумагу, пропитанную 0,5-кратным раствором солей среды Мурасиге-Скуга с добавлением ГК, АБК и ингибиторов TOR киназы в зависимости от условий эксперимента.

Выявление секреции α-амилазы щитком зародышей пшеницы. Отделенные зародыши помещали на инкубационную среду, содержащую 20 мМ $CaCl_2$, 1% растворимого крахмала и 2% агара, и инкубировали в течение указанного времени при комнатной температуре в темноте. Зоны α -амилазной активности проявляли с помощью окрашивания чашек раствором 0,01 М I_2, 0,03М KI в 10% трихлоруксусной кислоте (ТХУ).

Активность α-амилазы проверялась путем электрофореза в нативном ПАА-геле экстрактов зародышей пшеницы. Изолированные зародыши пшеницы инкубировали в жидкой среде из Na-ацетатного буфера (pH5,8) в присутствии ГК и рапамицина и после окончания времени инкубации лизировали в Na-ацетатном буфере, содержащем 1% Triton X-100, Белковые экстракты разделяли по заряду в нативном ПААГЭ, затем гель инкубировали 1 час в растворе 1% крахмала. После инкубации гель промывали в 10% ТХУ и окрашивали в растворе I_2+KI, как было описано раньше.

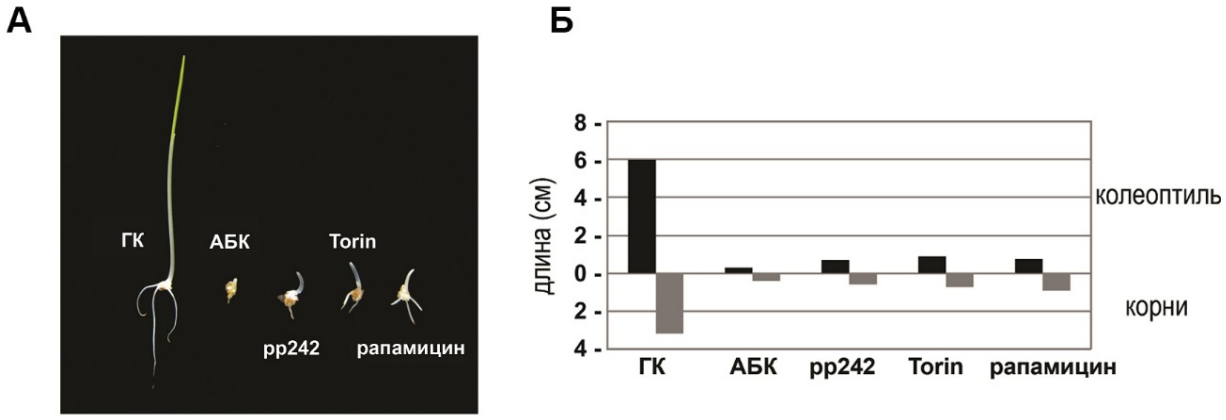
Сравнительное выравнивание аминокислотных последовательностей FKBP12. Выравнивание проводилось с использованием программы Clustal Ω на сайте Европейского института биоинформатики (http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo). Аминокислотные последовательности FKBP12 были взяты из базы данных NCBI и проекта по расшифровке генома пшеницы IWGSC. Для анализа влияния замены аминокислот на биологическую функцию белка использовали программу PROVEAN института имени Д. Крэйг Вентера (Роквил, США) (http://provean.jcvi.org/index.php).

Результаты и их обсуждение

Для выяснения роли киназной системы TOR в росте растений мы использовали селективные ингибиторы TOR киназы – pp242, Torin-1 и рапамицин. pp242 и Torin-1 являются одними из первых селективных АТФ-конкурентных ингибиторов mTOR киназы [10, 11]. Эти молекулы ингибируют оба комплекса mTORC1 и mTORC2 в животных клетках с высокой степенью из-

бирательности, в отличие от ингибиторов киназ семейства PI3, таких как LY294002.

Для выявления эффекта ингибиторов TOR киназы изолированные зародыши зерна пшеницы инкубировали в течение 4 дней в твердой среде *Мурасиге-Скуга в разных вариантах: в присутствии только ГК (1 μМ); ГК + АБК (5 μМ); ГК* + pp242 (0,1 μМ); ГК + Torin-1 (0,25 μМ) и ГК+рапамицин (5 μМ). После окончания времени инкубации измеряли длину корня и листьев. В ходе экспериментов установлено, что в присутствии ГК длина корней и листьев составило 3 и 6 см, соответственно (рисунок 1). При этом АБК, природный антагонист гиббереллина, в дозе 5 μМ полностью блокировал эффект ГК на рост изолированных зародышей пшеницы. Присутствие в инкубационной среде 0,25 μМ pp242 привело к подавлению роста корней и листьев на 90% по сравнению с действием только ГК, тогда как Torin-1 в дозе 0,25 μМ тормозил рост эмбрионов на 80-85%. АТФ-конкурентная природа данных ингибиторов TOR киназы может заставить сомневаться в данных результатах, принимая во внимание тот факт, что в высоких концентрациях они способны подавлять активность других ферментов из семейства PI3K-родственных киназ. Однако добавление 5 μМ рапамицина в ГК-содержащую среду к показало аналогичный результат, служа подтверждением того, что TOR сигнальная система играет большую роль в росте и развитии эмбрионов пшеницы. Использование рапамицина в изучении TOR сигнальной системы имеет отдельное значение, так как данный макролид в отличие от АТФ-конкурентных ингибиторов даже в высоких концентрациях специфичен только к TOR киназе.



А – действие ингибиторов TOR киназы на рост изолированных зародышей зерна пшеницы;
В – Изменение длины колеоптилей и корней зародыша зерна пшеницы.

Рисунок 1 – Действие ингибиторов TOR киназы на прорастание эмбриона зерна пшеницы

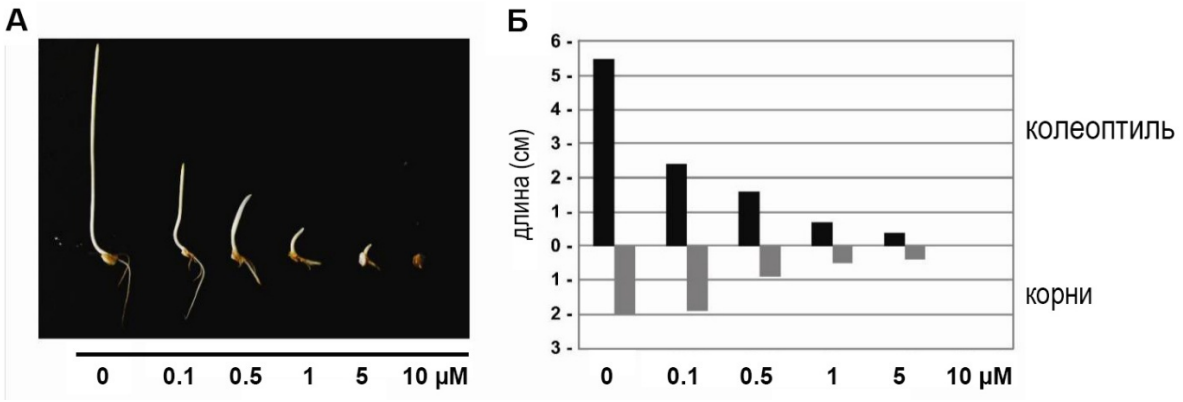
Для определения меньшей эффективной дозы изолированные зародыши инкубировали в среде с содержанием рапамицина от 0,1 до 10 μМ в ГК-содержащей среде (рисунок 2). Эффект рапамицина проявляется в дозе 0,1 μМ (более 50%) и по мере увеличения концентрации ингибирующий эффект увеличивался до полного подавления роста при концентрации 10 μМ.

Аналогичные эксперименты были проведены с зернами пшеницы в целях подтверждения сохранения ингибирующего эффекта рапамицина на рост в цельном зерне пшеницы.

Полученные данные указывают на дозозависимый эффект рапамицина на рост и развитие целых зерен. В отличие от эмбрионов эффект ингибирования роста менее выражен: разница в задержке роста колеоптилей и корней менее заметна. В итоге можно сделать вывод, что рапамицин имеет значительный эффект на рост зерна пшеницы на уровне изолированных зеародышей, но не на прорастание целого зерна. Предположительно клетки растений, обработанные рапамицином, хотя и замедляют свой рост, но не прекращают его полностью.

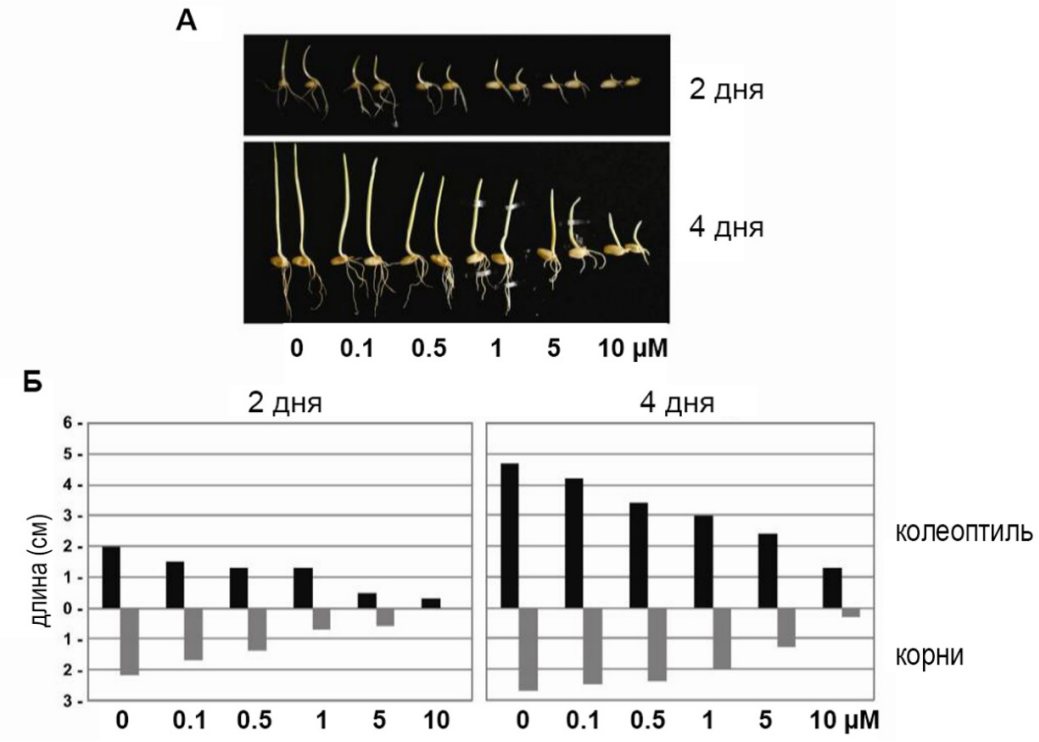
Прорастание зерна и ранние стадии роста сеянцев непосредственно зависят от функциональной активности алейронового слоя и щитка зерна [12]. В зерне злаков присутствуют два типа тканей чувствительны к действию ГК

– это алейроновый слой и эпителий щитка. Основная функция щитка в прорастающем зерне – транспорт сахаров и аминокислот к растущему зародышу. Кроме этого, в ходе прорастания зерна, эпителиальные клетки щитка синтезируют и секретируют в эндосперм кислые гидролазы, включая α-амилазу, катализирующие реакции гидролиза пептидных и гликозидных связей белков и полисахаридов эндосперма, и в результате в среде накапливаются аминокислоты, пептиды, моно- и олигосахариды необходимые для роста зародыша зерна [13].



А – действие рапамицина на рост изолированных зародышей зерна пшеницы;
В – Изменение длины колеоптилей и корней зародыша зерна пшеницы.

Рисунок 2 – Дозозависимый эффект рапамицина на рост зародыша зерна пшеницы

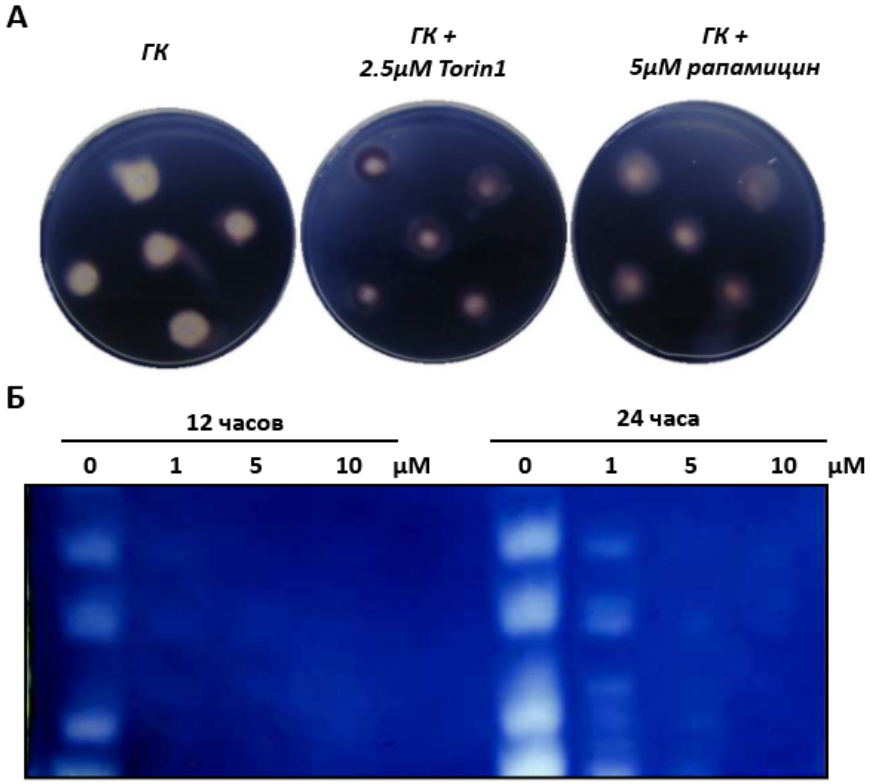


А – действие рапамицина на рост зерна пшеницы;
В – Изменение длины колеоптилей и корней целого зерна пшеницы

Рисунок 3 – Дозозависимый эффект рапамицина на рост зародыша целого зерна пшеницы

Для выявления эффекта ингибиторов TOR киназы на секрецию α-амилазы, изолированные зародыши зерна пшеницы инкубировали 24 часа на твердой а*гаризованной среде, содержащей 1% растворимый крахмал.* Зоны α -амилазной активности проявляли с помощью окрашивания раствором 0,01 M I_2, 0,03M KI в 10% трихлоруксусной кислоте (рисунок 4, А). Как видно из рисунка в присутствии ГК вокруг изолированных зародышей пшеницы четко видны зоны просветления, тогда как, инкубация изолированных зародышей в присутствии ГК и ингибиторов TOR киназы (Torin-1 и рапамицин) зоны просветления не обнаруживались, что указывает на важную роль, которую TOR киназная сигнальная система играет в регуляции секреции α-амилазы.

В последующих экспериментах изолированные зародыши пшеницы инкубировали в жидкой среде в присутствии ГК и рапамицина в течение 12 и 24 часов. Затем из зародышей получали белковые экстракты, которые проверялись на активность α –амилазы в нативном ПАА-гель-электрофорезе (рисунок 4, Б). Инкубация изолированных зародышей пшеницы в присутствии ГК в течение 12 и 24 часов приводит к увеличению активности всего компонентного состава изоферментов α-амилазы. Внесение рапамицина к инкубируемым в присутствии ГК зародышам зерна пшеницы значительно блокировало активность изоформ α-амилазы. Таким образом эти данные указывают на строгую зависимость активности и секреции α-амилазы от функционирования TOR киназной сигнальной системы.



А – Действие ингибиторов TOR киназы на секрецию α –амилазы;
Б – Нативный ПААГЭ изоферментов α-амилазы зародыша зерна пшеницы.

Рисунок 4 – Эффект ингибиторов TOR киназы на секрецию α-амилазы

В итоге полученные нами результаты указывают на более высокую чувствительность зародышей пшеницы к ингибиторам TOR киназы по сравнению с арабидопсисом, у которого видимый эффект подавления роста наблюдался только в мутантных линиях с супер-экспрессией FKBP12 [8]. Двугибридный анализ на дрожжах показал, что FKBP12 арабидопсиса имеет низкое сродство с рапамицином в результате измененной аминокислотной последовательности [14, 15].

Возможно у пшеницы структура FKBP12 позволяет более эффективно связывать рапами-цин и соответственно препятствовать формированию TOR комплекса, чем у арабидопсиса. Для подтверждения этого предположения было проведено выравнивание по аминокислотным последовательностям гомологов FKBP12 человека, дрожжей S.*cerevisiae,* одноклеточной водоросли C.*reinhardtii,* арабидопсиса A.*thaliana,* кукурузы Z.*mays* и непосредственно самой пшеницы мягкой T.*aestivum* (рисунок 5). Выравнивание по полной последовательности показало относитель-но высокий уровень консервативности между всеми гомологами. Кристаллографический анализ комплекса HsFKBP12 + рапамицин выявил 3 основные радикальные группы аминокис-лотных остатков: Glu-55, Gln-54 и Asp-38, участвующих в связывании с молекулой рапамицина и выделенных красным [4, 5]. Замена аминокислот на данных позициях существенно влияет на эффективность формирования комплекса FKBP12-рапамицин-FRB домен TOR киназы. При по-мощи сервиса PROVEAN был проведен сравнительный анализ степени влияния замены амино-кислот в 3 ключевых позициях среди гомологов FKBP12 на связывание с рапамицином пос-редством замены на нужную аминокислоту в HsFKBP12 (таблица 1).

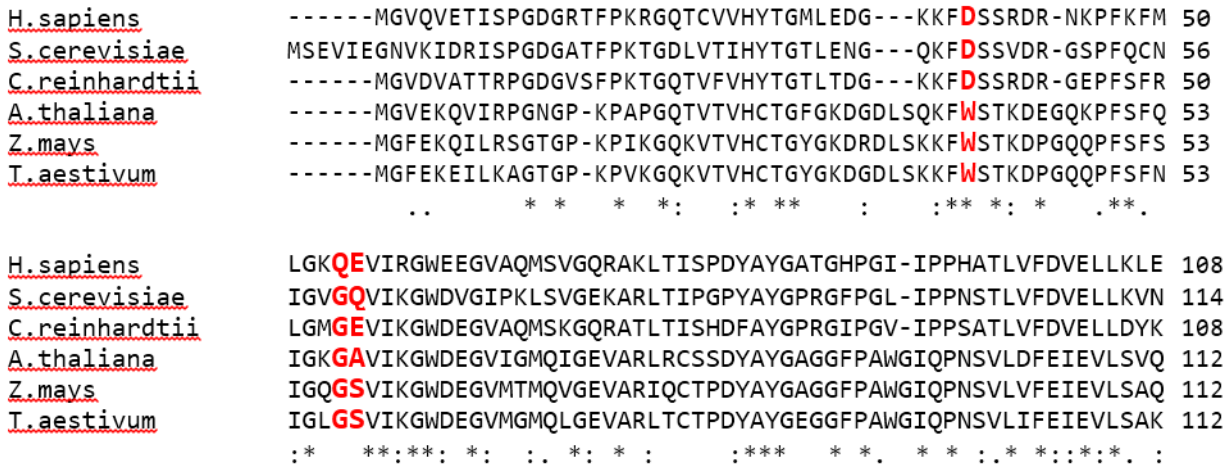


Рисунок 5 – сравнительное выравнивание последовательностей FKBP12

Таблица 1 – Значения PROVEAN score при замене аминокислотных остатков гомологов FKBP12 по 3 позициям относительно HsFKBP12

H.sapiens	*S.cerevisiae*	PROVEAN Score	*C.reinhardtii*	PROVEAN Score	*A.thaliana*	PROVEAN Score	*T.aestivum*	PROVEAN Score
E55	Q62	-1.322	E55	0	A58	-4.379	S58	-3.369
Q54	G61	2.647	G54	2.647	G57	2.647	G57	2.647
D38	D44	0	D38	0	W40	-9.556	W40	-9.556

На основе статистического анализа десятков тысяч гомологов эукариотических протеинов был выведен коэффициент негативного влияния замены/делеции аминокислот на биологические функции белков, используемый в расчете PROVEAN score. При 85% специфичности и 70% чувствительности анализа значение предполагаемого нейтрального минимума составляет -3.5, т.е. при замене аминокислоты варианты с PROVEAN score ≥ -3.5 интерпретируются как нейтральные, без негативного влияния на функцию. Таким образом, замена остатка глутаминовой кислоты (E55) в HsFKBP12 на серин имеет предполагаемый нейтральный эффект на связывание с молекулой рапамицина, в отличие от замены на аланин у арабидопсиса со значением -4,379, что ниже нейтрального минимума. При сравнении по всем 3 позициям замены остатков

у *S.cerevisiae* и *C.reinhardtii* имеют общее нейтральное значение, что соответствует проявлению чувствительности роста данных организмов к рапамицину [4]. У высших растений общее влияние замен аминокислот имеет негативное значение, однако у пшеницы отрицательный фактор наблюдается только по одной позиции, W40, Приняв во внимание наблюдаемый высокий уровень чувствительности прорастания зародышей пшеницы к рапамицину и отсутствие его у арабидопсиса, можно сделать вывод, что Ser-58 играет ключевую роль в формировании комплекса FKBP12+рапамицин [5].

На основе результатов проведенной работы был выявлен явный негативный эффект ингибиторов TOR киназы на ГК-стимулируемые рост и развитие зародышей и цельных зерен пшеницы, а также показан подавляющий эффект на активность и секрецию изоформ α-амилазы из щитка пшеничных зерен на первых этапах прорастания. Так как подобный эффект ранее не наблюдался у высших растений, в качестве обоснования был проведен сравнительный анализ влияния замен аминокислотных остатков в последовательности FKBP12, играющих ключевую роль в связывании данного белка с молекулой рапамицина. Было показано, что замена E55S имеет относительно нейтральное значение, что может служить частичной причиной проявления более высокой чувствительности пшеницы *T.aestivum* к рапамицину, чем арабидопсис.

Литература

1 Wullschleger S, Loewith R, Hall MN (2006) TOR signaling in growth and metabolism, Cell, 124:471–484

2 Loewith R, Hall MN (2011) Target of rapamycin (TOR) in nutrient signaling and growth control, Genetics, 189:1177–1201

3 Dobrenel T, Marchive C, Sormani R *et al.* (2011) Regulation of plant growth and metabolism by the TOR kinase, Biochem Soc Trans, 39(2):477–481

4 Choi J, Chen J, Schreiber SL, Clardy J (1996) Structure of the FKBP12-Rapamycin Complex Interacting with Binding Domain of Human FRAP, Science, 273(5272):239-242

5 Crespo JL *et al.* (2004) Inhibition of Target of Rapamycin Signaling by Rapamycin in the Unicellular Green Alga Chlamydomonas reinhardtii, Plant Physiology, 139(4):1736-1749

6 Menand B, Desnos T, Nussaume L *et al*. (2002) Expression and disruption of the Arabidopsis TOR (target of rapamycin) gene, Proc Nat Acad Sc, 99(9):6422-6427

7 Deprost D, Yao L, Sormani R, Moreau M *et al.* (2007) The Arabidopsis TOR kinase links plant growth, yield, stress resistance and mRNA translation, EMBO Rep, 8(9):864-870

8 Ren M, Venglat P, Qiu S *et al*. (2012) Target of Rapamycin Signaling Regulates Metabolism, Growth, and Life Span in Arabidopsis, The Plant Cell, 24(12):4850-4874

9 Xiong Y, Sheen J (2012) Rapamycin and glucose-target of rapamycin (TOR) protein signaling in plants, J Biol Chem, 287:2836-2842

10 Feldman ME, Apsel B, Uotila A, Loewith R, Knight ZA, Ruggero D, Shokat KM (2007) Active-Site Inhibitors of mTOR Target Rapamycin-Resistant Outputs of mTORC1 and mTORC2, PLoS Biol, 7(2):e1000038

11 Liu Q, Chang JW, Wang J, Kang SA, *et al.* (2010) Discovery of 1-(4-(4-Propionylpiperazin-1-yl)-3-(trifluoromethyl) phenyl)-9-(quinolin-3-yl)benzo[h][1,6]naphthyridin-2(1H)-one as a Highly Potent, Selective Mammalian Target of Rapamycin (mTOR) Inhibitor for the Treatment of Cancer, J Med Chem, 53(19):7146-7155

12 Koornneef M, Bentsink L, Hilhorst H (2002) Seed dormancy and germination, Plant Biol, 5:33-36

13 Dominguez F, Moreno J, Javier Cejudo F (2012) The scutellum of germinated wheat grains undergoes programmed cell death: identification of an acidic nuclease involved in nucleus dismantling, J Exp Bot, 63:5475–5485

14 Sormani R, Yao L, Menand B, Ennar N, Lecampion C, Meyer C, Robaglia C (2007) Saccharomyces cerevisiae FKBP12 binds Arabidopsis thaliana TOR and its expression in plants leads to rapamycin susceptibility, BMC Plant Biolog, 7:26

15 Leiber RM, John F, Verhertbruggen Y, Diet A, Knox JP, Ringli C (2010) The TOR pathway modulates the structure of cell walls in Arabidopsis, Plant Cell, 22:1898–1908

5-бөлім
ГИСТОЛОГИЯ

Раздел 5
ГИСТОЛОГИЯ

Section 5
HISTOLOGY

Джумаханова Г.Б.,
Шалгимбаева С.М.,
Аблайханова Н.Т.,
Оразова С.Б., Қайрат Б.Қ.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

Түрлі жасанды құрама жемдермен қоректендірілген тиляпия балықтарының кейбір мүшелеріне гистологиялық зерттеу жүргізу нәтижелері

Мақалада «Қапшағай уылдырық шашу-шабақ өсіру шаруашылығы» РМҚК (Алматы облысы Еңбекшіқазақ ауданы) базасында өсірілетін, жасанды құрама жемдер: польшалық «Aller aqua» (бақылау тобы), «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС жасалған құрама жем және «Қарағанды» жемдерімен (тәжірибе тобы) қоректендірілген тиляпия (Oreochromis niloticus) балықтарының жас шабақтарының кейбір мүшелеріне гистологиялық тұрғыдан баға берілген. Зерттеулер нәтижесінде тиляпия балықтарының рационында ҚазҚӨТӨ ҒЗИ және «Қарағанды» құрама жемдерін қолдану барысында балықтардың желбезек жапырақшаларының бұзылуы, эритроциттердің гемолизі, желбезек жапырақшаларының эпителиалды клеткаларының десквамациясы, респираторлық клеткалардың некрозы, шырышты клеткалар санының артуы мен гиперплазиясы, бұлшық еттерінде бұлшық ет талшықтарының құрылымының өзгеруі және некроз, ал бауыр ұлпаларында бауырдың майлы дистрофиясы мен некрозы сияқты түрлі деңгейдегі өзгерістер анықталды. Балықтардың организміне үш түрлі сынамалы құрама жемдердің әсерін салыстырмалы зерттеу бақылау құрама жемімен («Aller aqua») салыстырғанда тәжірибелік ҚазҚӨТӨ ҒЗИ мен «Қарағанды» құрама жемдерін балық рационында қолдану барысында патологиялық процестер айқын көрінеді.

Түйін сөздер: Oreochromis niloticus, гистологиялық бағалау, құрама жемдер, желбезек жапырақшалары, желбезек эпителийінің гиперплазиясы, бұлшық ет талшықтары, гепатоциттер, бауыр дистрофиясы.

Jumakhanova G.B.,
Shalgimbayeva S.M.,
Ablayhanova N.T.,
Orazova S.B., Kairat B.K.

Kazakh National University by al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

Histological evaluation of certain organs tilapia fingerlings, feeding different brands grower

The article shows the histological evaluation of certain organs fingerling tilapia (Oreochromis niloticus), grown on the basis of the Kapshagai spawning and nursery services (Enbekshikazakh district, Almaty region) before and after feeding various brands grower: the food of the Polish company "Aller aqua" (control) and domestic food of Kazakh research Institute of processing and food industry" (KazRIPFI) and "Karaganda" (experience). As a result ichthyopathological and histological examination gills, muscles, liver tilapia fingerlings, feeding the various grower identified varying degrees of changes in the tissue. It was found changes are observed in the liver, gills and muscle, which occur steatosis and necrosis in liver necrosis, and disruption of the structure of the muscle fibers, and gills violation lamellar structures, hemolysis of red blood cells, epithelial desquamation of the gill filaments of cells, necrosis of respiratory cell hyperplasia, an increase in the number of mucous cells at the application KazRIPFI and Karaganda feed.

Key words: Oreochromis niloticus, histological assessment, grower, gill filaments, gill epithelium hyperplasia, muscle fibers, hepatocytes, degeneration of the liver.

Джумаханова Г.Б.,
Шалгимбаева С.М.,
Аблайханова Н.Т.,
Оразова С.Б., Кайрат Б.К.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Гистологическая оценка некоторых органов сеголеток тиляпий, кормленных различными марками продукционных кормов

В статье приведена гистологическая оценка некоторых органов сеголеток тиляпий (Oreochromis niloticus), выращенные на базе РГКП «Капшагайского Нерестово-выростного хозяйства» (Енбекшиказахский район, Алматинской области) до и после кормления различными марками продукционных кормов: корм польской фирмы «Aller aqua» (контроль) и отечественные корма ТОО «Казахского Научно-исследовательского института перерабатывающей и пищевой промышленности» (КазНИИППП) и «Карагандинский» (опыт). По результатам ихтиопатологических и гистологических исследований жабр, мышц, печени у сеголеток тиляпий, кормленных различными продукционными кормами были определены разной степени изменения в тканях. Установлено, что при применении корма КазНИИППП и Карагандинского корма, наблюдаются изменения в печени, в жабрах и в мускулатуре, которые проявляются жировой дистрофией и некрозом в печени, некрозом и нарушением структур мышечных волокон, а в жабрах нарушением структур ламелл, гемолизом эритроцитов, десквамацией эпителиальных клеток жаберных лепестков, некрозом респираторных клеток, гиперплазией, увеличением количества слизистых клеток.

Ключевые слова: Oreochromis niloticus, гистологическая оценка, продукционные корма, жаберные лепестки, гиперплазия жаберного эпителия, мышечные волокна, гепатоциты, дистрофия печени.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 57.084

***Джумаханова Г.Б., Шалгимбаева С.М., Аблайханова Н.Т., Оразова С.Б., Қайрат Б.Қ.**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
*E-mail: gauhar._vip@mail.ru

ТҮРЛІ ЖАСАНДЫ ҚҰРАМА ЖЕМДЕРМЕН ҚОРЕКТЕНДІРІЛГЕН ТИЛЯПИЯ БАЛЫҚТАРЫНЫҢ КЕЙБІР МҮШЕЛЕРІНЕ ГИСТОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ ЖҮРГІЗУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Кіріспе

Жайық-Каспий бассейндері аймағындағы балық қорының бірден қысқаруы бірқатар мәселелерді тудырады және жедел әрі тиімді шешімді қажет етеді. Қазіргі таңда Қазақстанда тиляпия балықтарын жасанды түрде өсіру қолға алынуда, сондықтан балықтардың жақсы өсуі үшін сапалы қоректерді таңдай білу керек [1-3]. Жас балықтардың өміршеңдігі оларды қамтамасыз ететін тірі қоректердің құрамына байланысты [4].

Аквакультура жағдайында өсірілетін балықтардың отырғызылатын материалына қажетті жағдайлар жасалынса да, тіпті қорек құрамы дұрыс болса да сапасы төмен болады [5-11]. Бірақ шаруашылықта балықтарды тірі қоректермен өсіру тиімсіз, себебі тірі қоректер жеткіліксіз. Зоопланктонның санының төмен болуына байланысты тиляпия балықтарын индустриальды шаруашылықта жасанды қоректермен қоректендіріп, оларды өсіреді. Құрама жемдердің сапасы оның жасалу технологиясының ерекшелігіне, балықтардың қоректендіру көрсеткіштеріне, тіршілік етуіне, өсу жылдамдығына және физиологиялық жағдайына байланысты [12, 13].

Тауарлық шаруашылықтар қоректерді шет елдерден сатып алуы, аквакультура бағытындағы интенсификация үшін тежеуші фактор болып табылады. Дегенмен, Алматы қаласындағы «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС балықтарға арналған отандық жасанды қоректердің түрлеріне: «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» (ҚазҚӨТӨ ҒЗИ) атаулы тиляпияға арналған мемлекеттік стандарттық талаптарға сай жасалған жасанды құрама жем және «Қарағанды» атаулы құрама жемдері жатады. Жасанды қоректердің сапасын салыстырмалы бағалау үшін тиляпия балықтарының бұлшық еті бақылау жүргізуге ең қолайлы мүше болып табылады [14-17]. Сонымен қатар қоршаған орта жағдайын бағалау үшін биомаркер ретінде балық желбезегі мен бауырын зерттеуге болады, себебі, антропогендік факторлардың әсерінен бұл мүшеде гистопатологиялық өзгерістер туындайды [18, 19].

Жұмысымыздың мақсаты – Қапшағай уылдырық шашу-шабақ өсіру шаруашылығы жағдайында өсірілетін тиляпия балықтарын жасанды қоректермен қоректендіріп, қоректердің сапасын анықтау.

Зерттеу материалдары және әдістері

Зерттеуге Қапшағай уылдырық шашу-шабақ өсіру шаруашылығында өсірілетін 140 дана тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балықтары алынды. Тиляпия балықтарын өсіру процесінде температуралық және оттектік өзгерістері бақыланды (1-сурет).

Бұл балықтар польшалық «Aller aqua» атаулы шетелдік және «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институтында» жасалынған тәжірибелік жем мен «Қарағанды» атаулы отандық жасанды құрама жемдерімен қоректендірілді. Зерттеуге алынған балықтардың морфологиялық көрсеткіштері 1-кестеде көрсетілген.

а

ә

б

А – Қапшағай уылдырық шашу- шабақ өсіру шаруашылығындағы бассейндердің көрінісі;
Ә – зерттеуге алынған тиляпия балықтарының бассейндегі көрінісі;
Б – зерттеуге алынған тиляпия балықтарының көрінісі.

1-сурет – «Қапшағай уылдырық шашу-шабақ өсіру шаруашылығының» көрінісі

1-кесте – Тиляпия балықтарының салмағы мен ұзындығы бойынша морфологиялық көрсеткіштері

Балықтар тобы	Q масса, г	L ұзындығы, см	Q бауыр массасы, г
Польшалық құрама жем «Aller aqua»			
Бақылау	35,0±2,9	11,2±1,0	0,61±0,25
10 тәуліктен кейін	26,2±2,6	9,2±0,4	0,87±0,1
20 тәуліктен кейін	45,7±2,7	10,5±0,5	0,6±0,2
«Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» құрама жемі			
Бақылау	35,0±2,9	11,2±1,0	0,61±0,25
10 тәуліктен кейін	36,5±1,3	9,6±0,6	0,9±0,23
20 тәуліктен кейін	23,6±2,0	8,5±0,4	0,17±0,1
«Қарағанды» құрама жемі			
Бақылау	35,0±2,9	11,2±1,0	0,61±0,25
10 тәуліктен кейін	37,4±2,7	9,5±0,6	0,89±0,01
20 тәуліктен кейін	47,8±2,8	10,2±0,5	0,92±0,2

Қапшағай уылдырық шашу – шабақ өсіру шаруашылығынан зерттеуге әр түрден 5 балықтан алынды, Польшалық «Aller aqua» құрама жемі мен, «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» құрама жемі мен және «Қарағанды» атаулы құрама жемдерімен қоректендірілген тиляпия балықтарының орташа салмағы (бақылау бойынша) 35,0±5,0 г болды. Гистологиялық зерттеулер «Қазақ балық шаруашылығы ғылыми зерттеу институтында» жасалынды.

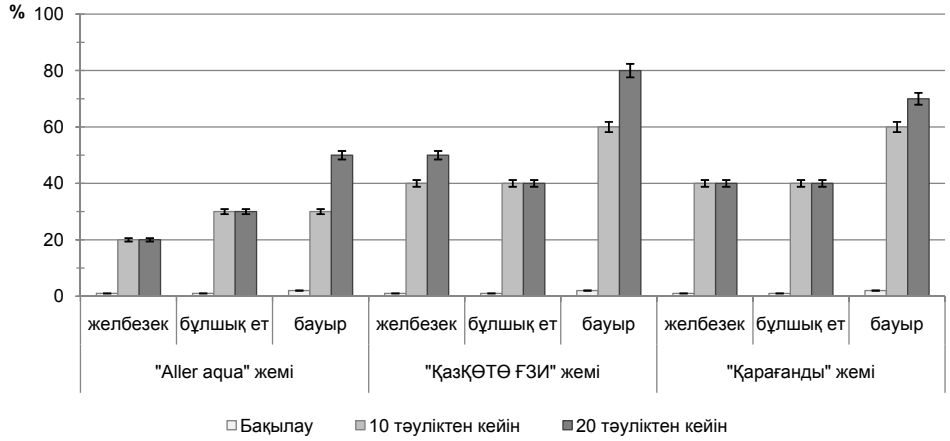
Зерттеуге алынған балықтардан гистологиялық кесінді жасау үшін және материал ұзақ уақыт жақсы сақталуы үшін 4% – тік формалинмен фиксацияладық, әр түрден 5 балықтан алдық. Препараттар стандартты, яғни белгіленген әдіс бойынша жасалынды, Карацци гематоксилин – эозин және Ван-Гизон бояулары мен боялды [20-22]. Зерттеу бойынша жалпы 200-ден аса гистологиялық препараттар дайындалды. Гистологиялық микрофотографияларды Axioskop (Carl Zeiss, Германия) микроскобының көмегімен жасадық (4х, 10х, 20х, 40х, 100х).

Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау

«Қапшағай уылдырық шашу-шабақ өсіру шаруашылығы» РМҚК (Алматы облысы Еңбекші қазақ ауданы) базасында өсірілген тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балықтарына гистопатологиялық және паразитологиялық зерттеулер жүргізілді. Әртүрлі жасанды құрама жемдердің балық организміне әсерін зерттеу нәтижелері 2 суретте көрсетілген.

Көріп отырғанымыздай, «Aller aqua» жемін қолданудың 10 тәулігінде 2 балықтың желбезегінде (20%), 3 балықтың бауыры мен бұлшық еттерінде (30%) өзгерістер анықталды. «Aller aqua» жемін одан әрі пайдалану барысында (20 тәуліктен кейін) желбезектер мен бұлшық еттердегі өзгерістердің 20% деңгейде қалатындығын көруімізге болады, ал бауырлары өзгеріске ұшыраған балықтар саны 50% деңгейге дейін жоғарылаған. ҚазҚӨТӨ ҒЗИ жемін балық рационында пайдаланудың 10 тәулігінде «Aller aqua» жемімен қоректенген балықтармен салыстырғанда мүшелері өзгерістерге ұшыраған балықтардың саны айтарлықтай жоғары.

Мәселен, желбезектері мен бұлшық еттері өзгеріске ұшыраған балықтар саны – 4, ол жалпы зерттелген балықтар санының 40% үлесін құрайды. Ал бауыры өзгеріске ұшыраған балықтардың саны польшалық жеммен қоректенген балықтар тобымен салыстырғанда 2 есе жоғары, яғни 60% мөлшерін құрайды.

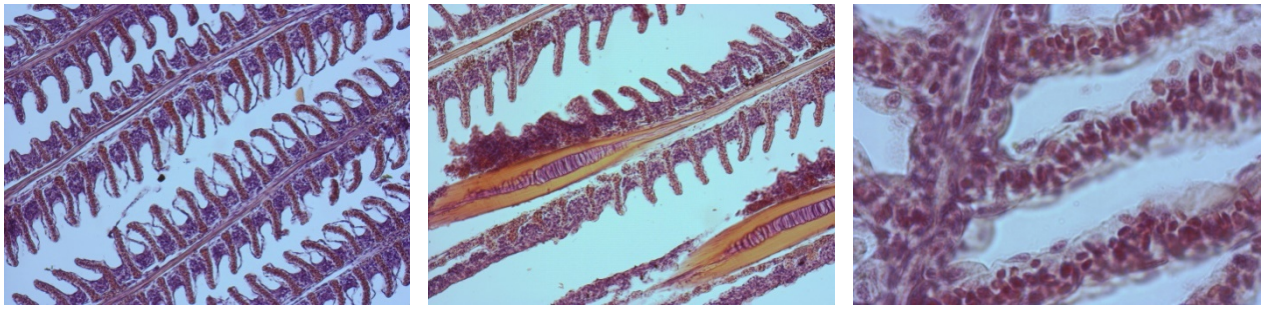


2-сурет – Әртүрлі жасанды құрама жемдермен қоректендірілген *Oreochromis niloticus* балықтарына жүргізілген гистопатологиялық зерттеу нәтижелері (патологиялық өзгерістер байқалған балықтардың% үлесі)

ҚазҚӨТӨ ҒЗИ жемін қолданудың 20 тәулігінен соң балықтардың 50%-ның желбезектерінде, 40%-ның бұлшық еттерінде, ал 80%-ның бауырында әртүрлі деңгейдегі өзгерістер байқалды. «Қарағанды» жемімен қоректенген балықтардың 40%-ның желбезектері мен бұлшық еттерінде және 60%-ның бауырында түрлі деңгейдегі патологиялық өзгерістер анықталды. «Қарағанды» жемін қолданудың 20 тәулігінде бауырдағы өзгерістердің деңгейі 70%-ға дейін жоғарылаған.

«Aller aqua» құрама жемімен қоректендірілген бақылау тобындағы балықтардың жел-

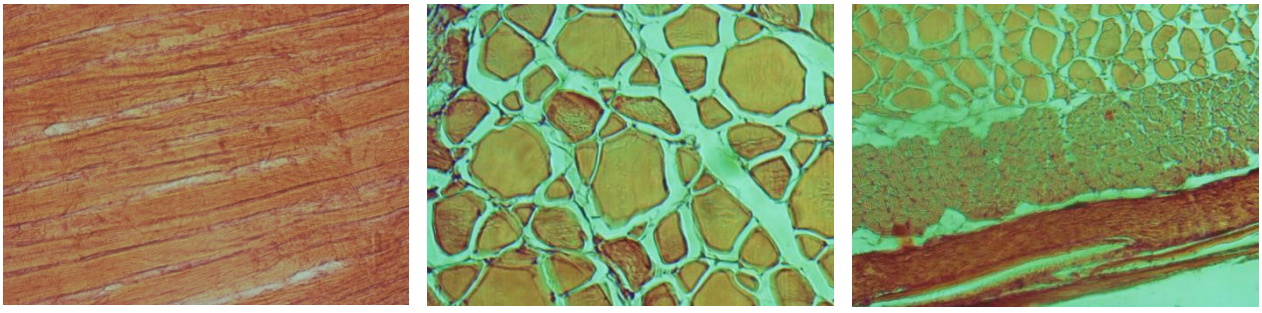
безектеріне жүргізілген гистологиялық зерттеулер желбезек жапырақшаларының орналасу құрылымында еш өзгерістердің жоқтығын, ламеллалардың құрылымы сақталғандығын, респираторлық капиллярлардың қанға толықтығын және респираторлық эпителиальді клеткалар гиперплазияға ұшырағандығын байқауға болады (3а-сурет). ҚазҚӨТӨ ҒЗИ жемімен қоректендірілген балықтардың желбезектерін гистологиялық зерттеу барысында анықталды: желбезек құрылымдарында желбезек жапырақшаларының реттілігі өзгеріске ұшырамаған, ламеллалардың құрылымы сақталған, дегенмен, кейбір жерлерінде ламеллалары жоқ, филаменттер жіңішкерген, желбезек эпителий клеткалары гиперплазиялық күйде, желбезек жапырақшаларының қан тамырлары қанға толы (3ә-сурет). «Қарағанды» құрама жемімен қоректенген балықтардың желбезектерінде ламеллалардың құрылымының бұзылуы байқалды, қан тамырлары қанға толы (эритроциттері гемолизге ұшыраған), желбезек жапырақшаларының кейбір эпителиальді клеткаларының дисквамациясы мен желбезек эпителийінің гиперплазиясы, шырышты клеткалар санының ұлғайғандығы анықталды (3б-сурет).



а ә б

А – Польшалық «Aller aqua» құрама жемі (×150), Ә – «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» құрама жемі (×150), Б – «Қарағанды» құрама жемі (×450); бояу – гематоксилин-эозин.

3-сурет – Әртүрлі өнімдік жемдермен қоректендірілген *Oreochromis niloticus* желбезектерінің микрофотографиялары



а ә б

А – Польшалық «Aller aqua» құрама жемі (×250, гематоксилин-эозин), Ә – «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» құрама жемі (×400, Ван-Гизон), Б – «Қарағанды» құрама жемі (×200, Ван-Гизон).

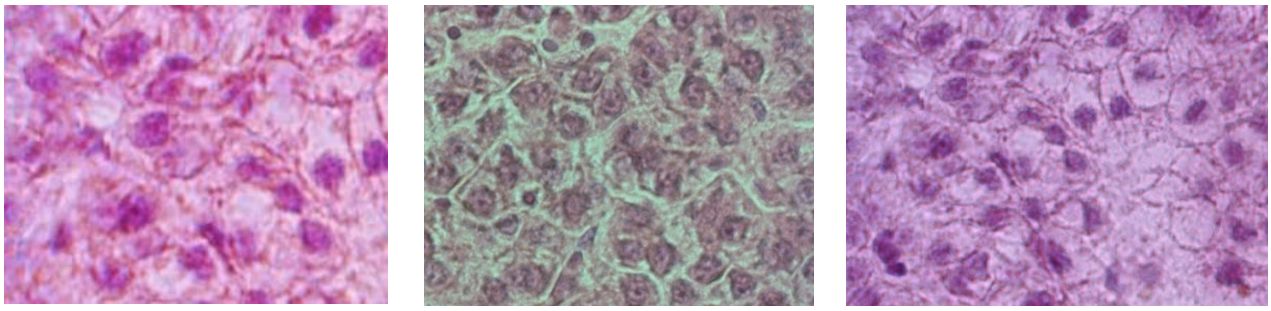
4-сурет – Әртүрлі өнімдік жемдермен қоректендірілген *Oreochromis niloticus* бұлшық еттерінің микрофотографиялары

«Aller aqua» жемімен қоректендірілген балықтардың бұлшық ет талшықтары сақталған, сарколеммалары бұзылмаған, талшықтардың көлденең жолақты кескінделуін анық көруге болады (4а-сурет), ал ҚазҚӨТӨ ҒЗИ жемімен қоректендірілген балық бұлшық еттерінде түрлі деформациялық өзгерістер байқалды, бұлшық ет талшықтарының шеткі бөліктерінің некроз аймақтарының бар екендігі анықталды (4ә-сурет). «Қарағанды» құрама жемімен қоректенген балықтардың бұлшық ет ұлпаларында патологиялық өзгерістер анықталды, негізінен,

ет талшықтары сақталған, сарколеммалары бұзылмаған, кейбір жерлерінде көлденең жолақты бұлшық ет талшықтары біртекті құрылым түрінде кескінделген, бұлшық ет аралық дәнекер ұлпасы ісінген, яғни бұлшық ет талшықтарының арасының ашылуы айқалады (4б-сурет).

Бақылау тобындағы балықтардың бауырларында бағаналы құрылымдар сақталған, дегенмен гепатоциттер түйіршікті дистрофия жағдайында, яғни гепатоциттердің көлемі ұлғайған, цитоплазмаларында ұсақ түйіршіктерді көруімізге болады, кейбір гепатоциттердің ядролары пикнозға, рексиске және лизиске ұшыраған (5а-сурет). ҚазҚӨТӨ ҒЗИ жемімен қоректенген балықтардың бауырларындағы өзгерістер, негізінен, түтікті реакция мен гепатоциттердің паренхиматозды дистрофиясымен ерекшеленеді. Бауырдың үлестік құрылысы сақталған, триада аймағындағы үлес аралық дәнекер ұлпасы гепатоциттер мен лимфоциттердің аз мөлшерімен инфильтрацияланған, қан тамырлары қанға толы, эндотелиоциттердің үлкеюімен периваскулярлы ісінуілер байқалды, яғни гепатоциттердің көлемі ұлғайған, гепатоцит құрылысының құрылымы бұзылған, ядролар саны азайған, кейбір ядролар пикноз, рексис және лизис күйіне ауысқан. Гепатоциттердің кейбір аймақтарында цитоплазманың ісініп лайлануын көруге болады, бұған цитоплазманың эозинофилді бояуды жақсы сіңіруі дәлел, ал ядроларда пикноз бен ісіну байқалды (5ә-сурет).

«Қарағанды» құрама жемімен қоректендірілген балықтардың бауырларын гистологиялық тұрғыдан зерттеу барысында әртүрлі деңгейдегі өзгерістерді айқын көруге болады. Атап айтқанда бауыр үлестерінің орталығында және шеткі аймақтарында орналасқан гепатоциттердің майлы дистрофиясы мен некрозы. Өзгерістер көптеген гепатоциттерде байқалды, май тамшыларының орналасуына сәйкес келетін үлкейген, ісінген вакуольдарды да байқауға болады, сол себептен ядролары клеткалардың шеткі бөліктеріне ығысқан. Бір үлкен май тамшысы мен ядроға толтырылған перифериялық клеткаларды сақинатәрізді клеткалар деп атайды (5б-сурет).



а ә б

А – Польшалық «Aller aqua» құрама жемі (×450), Ә – «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» құрама жемі (×300), Б – «Қарағанды» құрама жемі (×450); бояу – гематоксилин-эозин.

5-сурет – Әртүрлі өнімдік жемдермен қоректендірілген *Oreochromis niloticus* бауырының микрофотографиялары

Қорытынды

Балықтардың физиологиялық жағдайын анықтауда ақпаратты көрсеткіштер есебінде, олардың тіршілігі үшін маңызды мүшелері ретінде желбезек, бауыр және бұлшық еттің гистоқұрылысын пайдалануға болады.

Әртүрлі бастапқы қоректер құрамының және өсіру жағдайының тиляпия балықтарының желбезек, бауыр және бұлшық еттерінің құрылысына әсерін анықтау үшін жүргізілген гистологиялық зерттеулердің нәтижесінен келесідей қортынды жасалынды:

Жүргізілген гистологиялық және гистохимиялық зерттеулер нәтижесінде «Қапшағай уылдырық шашу-шабақ өсіру шаруашылығы» РМҚК (Алматы облысы Еңбекші қазақ ауданы) базасында өсірілген тиляпия (*Oreochromis niloticus*) балықтарының рационында ҚазҚӨТӨ ҒЗИ және «Қарағанды» құрама жемдерін қолдану барысында балықтардың желбезектерінде ламеллалардың құрылымының бұзылуы, эритроциттердің гемолизі, желбезек жапырақшаларының эпителиалды клеткаларының десквамациясы, респираторлық клеткалардың некрозы, шырышты клеткалар

санының артуы мен гиперплазиясы, бұлшық еттерінде бұлшық ет талшықтарының құрылымының өзгеруі және некроз, ал бауыр ұлпаларында бауырдың майлы дистрофиясы мен некрозы сияқты түрлі деңгейдегі өзгерістер анықталды. Балықтардың организміне үш түрлі сынамалы құрама жемдердің әсерін салыстырмалы зерттеу бақылау құрам жемімен («Aller aqua») салыстырғанда тәжірибелік ҚазҚӨТӨ ҒЗИ мен «Қарағанды» құрама жемдерін балық рационында қолдану барысында патологиялық процестер айқын көрінеді. Яғни, польшалық «Aller aqua» құрама жемімен қоректендірілген балықтардың патологиялық процестерге ұшырау жиілігі отандық жемдермен салыстырғанда төмен.

Әдебиеттер

1 Постановление Правительства РК №151 от 18 февраля 2013 года Об утверждении Программы по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013-2020 годы «АГРОБИЗНЕС – 2020».

2 Галущак СС, Альпеисов ША Современное состояние и перспективы развития аквакультуры в Казахстане. Международная научно-практическая конференция по проблемам животноводства, посвященная 75-летию Казахского Национального аграрного университета. Алматы, 2004:221-224.

3 Чайкин БН, Каримов СК, Макарова ЛИ Экономический анализ товарного рыбоводства Казахстана (аналитический обзор), Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1990:70.

4 Шишанова ЕИ, Новосадов АГ, Маилкова АВ Осетровые рыбы как объект разведения в искусственных условиях с зимней паузой роста (на примере Электрогорской ГРЭС-3 им. Р.Э. Классона). Изв. Оренбургского государственного аграрного университета, 2008. № 4 (20):176-179.

5 Новосадов АГ, Лабенец АВ, Шишанова ЕИ, Маилкова АВ, Баранов АА Технология получения и выращивания гибрида сибирского осетра (*Acipenser baerii*) и белуги (*Huso huso*). М.: Россельхозакадемия, 2008:38.

6 Бубунец ЭВ, Шишанова ЕИ, Лабенец АВ, Кавтаров ДА, Новосадова АВ, Стародворская ИВ Технология выращивания севрюги (*Acipenser stellatus*) в индустриальных условиях: научно-производственное издание. М.: Изд-во РГАУ- МСХА им. К.А. Тимирязева, 2010:62.

7 Лабенец АВ, Бубунец ЭВ, Шишанова ЕИ, Липпо ЕВ, Новосадова АВ, Баранов АА, никифоров АИ, Стародворская ИВ, Новосадов АГ Технология полноцикличного культивирования русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) для сохранения генофонда и товарного выращивания. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2012:84.

8 Маилкова АВ, Новосадов АГ Рост молоди некоторых гибридов осетровых при выращивании в бассейнах. Пресноводная аквакультура: состояние, тенденция и перспективы развития. Молдова, 2005:50–53.

9 Бубунец ЭВ, Шишанова ЕИ, Новосадова АВ, Стародворская ИВ Влияние условий выращивания и состава кормов на выживаемость личинок севрюги в индустриальных условиях. Научные основы сельскохозяйственного рыбоводства: состояние и перспективы развития. Москва, 2010:154–161.

10 Богерук АК, Маслова НИ Рыбоводно-биологическая оценка продуктивных качеств племенных рыб (на примере карпа). М.: ФГНЦ «Росинформагротех», 2002:39–40.

11 Васильева ЛМ, Пономарев СВ, Судакова НВ Технология индустриального выращивания молоди и товарных осетровых рыб в условиях нижнего Поволжья. Астрахань: Волга, 2000:23.

12 Маилкова АВ, никифоров АИ Морфологические особенности и гистопатологический анализ скелетной мускулатуры гибридов ленский осетр + белуга и стерлядь + белуга. Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата. Астрахань, 2007:330–333.

13 Никифоров АИ, Маилкова АВ Морфология скелетной мускулатуры некоторых гибридных форм осетровых. Инновационные подходы в ветеринарии, биологии и экологии. Троицк, 2009:107–109.

14 Алымов ЮВ, Кокоза АА, Загребина ОН, Блинков БВ Влияние различных комбикормов на морфофизиологические показатели молоди русского осетра, выращенной садковым методом. Фундаментальные исследования. 2012. № 4 (часть 1):167-171.

15 Ложниченко ОВ, Федорова НН Особенности селезенки и печени у сеголетков осетровых рыб. Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: материалы докладов Международного симпозиума. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007:473-475.

16 Bernet D, Schmidt H, Meier W, Burkhardt-Holm P, Wahli T Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. J. Fish Dis., V. 22, 1999:25-34.

17 Cooley HM, Evans RE, Klaverkamp, JF Toxicology of dietary uranium in lake whitefish (Coregonus clupeaformis). Aquat. Toxicol. 2000:495-515.

18 Ромейс. Микроскопическая техника. М.:иностранная литература, 1954:648.

19 Роскин ГИ, Левинсон ЛБ Микроскопическая техника. М.: советская наука. 1957:478.

20 Микодина ЕВ, и др. Гистология для ихтиологов. Опыт и советы. М.: Изд-во ВНИРО. 2009:107-112.

21 Гилберт С. Биология развития. Москва: Мир, 1994. Т. 2: 235.

22 Van Vleet JF, Valentine BA: Muscle and tendon. *In*: Jubb, Kennedy, and Palmer's Pathology of Domestic Animals, vol 1 ed. Maxie MG, P. 236-243. Elsevier Limited, Philadelphia, PA, 2007.

23 Wilson TM, Morrison HA, Palmer NC, Finley GG, van Dreumel AA: Myodegeneration and suspected selenium/vitamin E deficiency in horses. J Am Vet Med Assoc169:213-217, 1976.

References

1 Postanovleniye Pravitel'stva RK №151 ot 18 fevralya 2013 goda On approval of the Program for the development of agro-industrial complex in the Republic of Kazakhstan for 2013-2020 [Ob utverzhdenii Programmy po razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa v Respublike Kazakhstan na 2013-2020 gody] «AGROBIZNES – 2020».

2 Galushchak SS, Al'peisov SH. A Current state and prospects of aquaculture development in Kazakhstan [Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya akvakul'tury v Kazakhstane]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po problemam zhivotnovodstva, posvyashchennaya 75-letiyu Kazakhskogo Natsional'nogo agrarnogo universiteta. Almaty, 2004:221-224.

3 Chaykin BN, Karimov SK, Makarova LI Economic analysis of commercial fish farming in Kazakhstan [Ekonomicheskiy analiz tovarnogo rybovodstva Kazakhstana] (analiticheskiy obzor), Alma-Ata: KazNIINTI 1990:70.

4 Shishanova YeI, Novosadov AG, Mailkova AV Sturgeon fish as a breeding facility in artificial conditions with winter pause of growth [Osetrovyye ryby kak ob»yekt razvedeniya v iskusstvennykh usloviyakh s zimney pauzoy rosta] (na primere Elektrogorskoy GRES-3 im. R.E. Klassona). Izv. Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2008. № 4 (20):176-179.

5 Novosadov AG., Labenets AV, Shishanova YeI, Mailkova AV, Baranov AA The technology of cultivation of hybrid and Siberian sturgeon (Acipenser baerii) and beluga (Huso huso). Tekhnologiya polucheniya i vyrashchivaniya gibrida sibirskogo osetra (Acipenser baerii) i belugi (Huso huso)]. M.: Rossel'khozakademiya, 2008:38.

6 Bubunets EV, Shishanova YeI, Labenets AV, Kavtarov DA, Novosadova AV, Starodvorskaya IV The technology of growing stellate sturgeon (Acipenser stellatus) in industrial conditions : scientific production edition. [Tekhnologiya vyrashchivaniya sevryugi (Acipenser stellatus) v industrial'nykh usloviyakh: nauchno-proizvodstvennoye izdaniye.] M.: Izd-vo RGAU- MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2010:62.

7 Labenets AV, Bubunets EV, Shishanova YeI, Lippo YeV, Novosadova AV, Baranov AA, Nikiforov AI, Starodvorskaya IV, Novosadov AG Technology polnotsiklichnogo cultivation of Russian sturgeon (Acipenser gueldenstaedtii) for genetic conservation and commercial cultivation. [Tekhnologiya polnotsiklichnogo kul'tivirovaniya russkogo osetra (Acipenser gueldenstaedtii) dlya sokhraneniya genofonda i tovarnogo vyrashchivaniya.] M.: Izd-vo RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2012:84.

8 Mailkova AV, Novosadov AG Growth for juvenile sturgeon hybrids when grown in pools [Rost molodi nekotorykh gibridov osetrovykh pri vyrashchivanii v basseynakh]. Presnovodnaya akvakul'tura: sostoyaniye, tendentsiya i perspektivy razvitiya. Moldova, 2005:50–53.

9 Bubunets EV, Shishanova YeI, Novosadova AV, Starodvorskaya IV Influence of growing conditions and the composition of stellate sturgeon feed on larval survival in the industrial environment [Vliyaniye usloviy vyrashchivaniya i sostava kormov na vyzhivayemost' lichinok sevryugi v industrial'nykh usloviyakh]. Nauchnyye osnovy sel'skokhozyaystvennogo rybovodstva: sostoyaniye i perspektivy razvitiya. Moskva, 2010:154–161.

10 Bogeruk AK, Maslova NI Fishering – biological assessment of the productive qualities of breeding fish (for example, carp) [Rybovodno-biologicheskaya otsenka produktivnykh kachestv plemennykh ryb (na primere karpa).] M.: FGNTS «Rosinformagrotekh», 2002:39–40.

11 Vasil'yeva LM, Ponomarev SV, Sudakova NV Technology Industrial fry growth and commodity sturgeon fishes in the conditions of the lower Volga region. [Tekhnologiya industrial'nogo vyrashchivaniya molodi i tovarnykh osetrovykh ryb v usloviyakh nizhnego Povolzh'ya.] Astrakhan': «Volga», 2000:23.

12 Mailkova AV, Nikiforov AI Morphological features and histopathological analysis of skeletal muscle hybrids Lena + sturgeon beluga sturgeon and beluga [Morfologicheskiye osobennosti i gistopatologicheskiy analiz skeletnoy muskulatury gibridov lenskiy osetr + beluga i sterlyad' + beluga]. Teplovodnaya akvakul'tura i biologicheskaya produktivnost' vodoyomov aridnogo klimata. Astrakhan', 2007:330–333.

13 Nikiforov AI, Mailkova AV The morphology of the skeletal muscle of certain hybrid forms of sturgeon [Morfologiya skeletnoy muskulatury nekotorykh gibridnykh form osetrovykh]. Innovatsionnyye podkhody v veterinarii, biologii i ekologii. Troitsk, 2009:107–109.

14 Alymov YUV, Kokoza AA, Zagrebina ON, Blinkov BV Impact of animal feed on a variety of morphological and physiological indices of Russian sturgeon fingerlings grown cage method [Vliyaniye razlichnykh kombikormov na morfofiziologicheskiye pokazateli molodi russkogo osetra, vyrashchennoy sadkovym metodom]. Fundamental'nyye issledovaniya. 2012. № 4 (chast' 1):167-171;

15 Lozhnichenko OV, Fedorova NN Features of the spleen and liver of juvenile sturgeon [Osobennosti selezenki i pecheni u segoletkov osetrovykh ryb]. Teplovodnaya akvakul'tura i biologicheskaya produktivnost' vodoyemov aridnogo klimata: materialy dokladov Mezhdunarodnogo simpoziuma. Astrakhan': Izd-vo AGTU, 2007:473-475.

16 Bernet D, Schmidt H, Meier W, Burkhardt-Holm P, Wahli T. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. J. Fish Dis., V. 22, 1999:25-34.

17 Cooley HM, Evans RE, Klaverkamp JF Toxicology of dietary uranium in lake whitefish (Coregonus clupeaformis). Aquat. Toxicol. V. 48, 2000:495-515.

18 Romeys The microscopic technique. [Mikroskopicheskaya tekhnika.] M.:inostrannaya literatura, 1954:648.

19 Roskin GI, Levinson LB The microscopic technique. [Mikroskopicheskaya tekhnika.] M.: sovetskaya nauka. 1957:478.

20 Mikodina YeV, i dr. Histology for ichthyologists. [Gistologiya dlya ikhtiologov.] Opyt i sovety. M.: Izd-vo VNIRO. 2009:107-112.

21 Gilbert S Development biology [Biologiya razvitiya.]. Moskva: Mir, 1994. T. 2:235.

22 Van Vleet JF, Valentine BA: Muscle and tendon. In: Jubb, Kennedy, and Palmer's Pathology of Domestic Animals, vol 1 ed. Maxie MG, Elsevier Limited, Philadelphia, PA, 2007: 236-243.

23 Wilson TM, Morrison HA, Palmer NC, Finley GG, van Dreumel AA: Myodegeneration and suspected selenium/vitamin E deficiency in horses. J Am Vet Med Assoc169:213-217, 1976.

6-бөлім

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Раздел 6

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Section 6

BIOTECHNOLOGY

Абдулжанова М.А.,
Кистаубаева А.С.,
Савицкая И.С., Серік Н.С.,
Анарбек А.А., Болатжан Н.Е.,
Құли Ж.Т.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

Ақуызды жем өнімдерінде целлюлоза құраушы субстраттардың ашытқы-бактериялық конверсиясы

Шикізатта бар целюлоза биоконверсиясы мал шаруашылығында микробтық ақуыз бен пробиотиктермен байытылған жем өнімдерінің құндылығын арттыру үшін арналған. Бірлескен қатты фазалы ферменттеу кезіндегі екі микроорганизм топтары, бастапқы субстрат биоконверсия құралы болып табылады. Шикізатты қанттау – конверсиясының бірінші кезеңінде жүзеге асыратын (целюлозалық фермент продуценттері және антимикробтық субстанциялары) Bacillus бактериясы болып табылады. Екіншіден, ол ақуыз продуценттерінің арнайы ашытқы штаммдары. Шикізатта бар целлюлозаға арнайы - бидай кебектерін, күнбағыс қалдықтарын және күріш қауызын арнайы тәуліктік бактериялық орта бульонында инокуляттайды. Ферментацияның тиімділігін 12-і штаммдар түрі бар Bacillus түрінің қатты целлюлозасы бар субстраттарда өсу қабілетін целлюлозаның өзгергіштігіне, 80% H2SO4 гидролизденуіне және полисахаридтердің тез гидролизденуіне (гемицеллюлоза), 2% HCl гидролизденуіне байланысты бағалады. Зерттеу барысында анықталғандай, целлюлозаның және гемицеллюлозаның кемуі: 2-6 % жарма, 7-10 % күріш қауызы, 5-9% күнбағыс қалдығын құрады. Целлюлоза деструкциясын 2-3 есе тиімділігін арттыру үшін 6 аралас дақылдар құрастырылған.

Түйін сөздер: күнбағыс қалдығы, күріш қауызы, Bacillus, целлобиоза, биоконверсия.

Abdulzhanova M.A.,
Kistaubaeva A.S.,
Savitskaya I.S., Serik N.S.,
Anarbek A.A., Bolatzhan N.E.,
Kuli Zh.T.

Al-Farabi Kazakh national university, Kazakhstan, Almaty

Bacterial-yeast conversion of cellulose-containing substrates into the protein feed products

Bioconversion of cellulosic raw material for animal breeding in enriched microbial protein and probiotic feed products as a way to enhance the nutritional value of forages. Tool source bioconversion of substrates is a joint solid state fermentation by two groups of microorganisms. These are bacteria of the genus Bacillus (producers of cellulolytic enzymes and antimicrobial substances), ensuring the first stage of conversion of the saccharification of raw materials. The second special yeast strains - producers of protein. Cellulose-containing raw material – wheat bran, sunflower meal and rice hulls were inculpable daily broth bacterial culture. It was found that the loss of cellulose and hemicelluloses in bran was 2-6% in the rice husk - 7-10 %, in the sunflower – 5-9%. 6 were constructed in mixed cultures, the use of which increased the effectiveness of degradation of cellulose in 2-3 times. Most active: G23 Bacillus Bacillus licheniformis + Bacillus subtilis NP-9, Bacillus pseudomycoides, S-17 + Bacillus cereus NP-1, Bacillus cereus G-7 + Bacillus subtilis S-7, Bacillus Bacillus licheniformis G-7 + Bacillus cereus P-5 hydrolysable fiber solid substrates at 20 -25%

Key words: sunflower meal, rice husk, Bacillus subtilis P-2, cellobiose, bioconversion.

Абдулжанова М.А.,
Кистаубаева А.С.,
Савицкая И.С., Серік Н.С.,
Анарбек А.А., Болатжан Н.Е.,
Құли Ж.Т.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Дрожже-бактериальная конверсия целлюлозосодержащих субстратов в белковые кормовые продукты

Биоконверсия целлюлозосодержащего сырья для животноводства в обогащенные микробным белком и пробиотиками кормовые продукты – путь повышения питательности кормов. Инструментом биоконверсии исходных субстратов является совместная твердофазная ферментация двумя группами микроорганизмов. Это бактерии рода Bacillus (продуценты целлюлозолитических ферментов и антимикробных субстанций), осуществляющие первый этап конверсии - осахаривание сырья. Вторая - специальные штаммы дрожжей - продуценты белка. Целлюлозосодержащее сырье – пшеничные отруби, подсолнечный шрот и рисовую шелуху инокулировали суточной бульонной бактериальной культурой. Эффективность ферментации, т.е. способность 12-ти штаммов рода Bacillus расти на твердых целлюлозосодержащих субстратах оценивали по изменению содержания целлюлозы (клетчатки), гидролизуемой 80% H2SO4 и легкогидролизуемых полисахаридов (гемицеллюлоз), гидролизуемых 2% HCl. Установлено, что убыль целлюлозы и гемицеллюлозы в отрубях составляла 2-6 %, в рисовой шелухе – 7-10 %, в шроте подсолнечника – 5-9%. Было сконструировано 6 смешанных культур, использование которых увеличивало эффективность деструкции целлюлозы в 2-3 раза.

Ключевые слова: подсолнечный шрот, рисовая шелуха, Bacillus, целлобиоза, биоконверсия.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

ӘОЖ 57.083.132

***Абдулжанова М.А., Кистаубаева А.С., Савицкая И.С., Серік Н.С., Анарбек А.А., Болатжан Н.Е., Құли Ж.Т.**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
*E-mail: malika_81_@mail.ru

АҚУЫЗДЫ ЖЕМ ӨНІМДЕРІНДЕ ЦЕЛЛЮЛОЗА ҚҰРАУШЫ СУБСТРАТТАРДЫҢ АШЫТҚЫ-БАКТЕРИЯЛЫҚ КОНВЕРСИЯСЫ

Кіріспе

Мал және құс шаруашылығын қарқындату үшін толық құнды тамақтанудың маңызы зор. Жемшөптің сапасын және меңгеруін жақсарту үшін екі негізгі тәсіл қолданылады және оның бірі микробтық ақуызды қолдыну [1]. Екінші тәсілі – құнарлылығын арттыру және дәстүрлі өсімдік немесе жем-ақуызды өнімдерін биоконверсиялау [2].

Целлюлоза бар субстраттар биоконверсияның құралы – микроорганизмдер болып табылады, ерекшеліктерінің бірі қатты субстраттарда амин қышқылының биомассасын жинауға қабілеті жоғары, ал нәтижесінде алынған микробтық ферментация өнімдерін болашақта маңыздылығы үшін негіз ретінде немесе компонентті азықтар ретінде пайдалану [3].

Көп қызығушылыққа әкелетін, ол негізгі ақуыз продуценттерінің орнына арнайы ашытқы штаммдарын пайдалану. Ашытқы биоконверсиялауы өсімдік шикізатын алмастырылмайтын амин қышқылдарымен, дәрумендермен, органикалық қышқылдармен, ферменттермен және басқа да пайдалы заттармен құнарландыруына алып келуі тиіс [4]. Өсімдік субстраттануы арқылы ашытқы өсуінің тиімділігін арттыру үшін алдын ала қанттандыруды қолданады [5].

Целлюлозалық бактерияларды биоконверсияның бірінші кезеңінде пайдалануы субстраттардың қарапайым қанттарға ыдырау үдерісін жеделдетеді және оның қанттық ашытқымен қоректенуіне дайындайды. Сондықтан, жүргізілген зерттеудің мақсаты бойынша – ақуызды-жем өнімдеріндегі ашытқы-бактериялық конверсия целлюлозасы бар субстраттар процестерінің мүмкіндіктері эксперименттік дәлел болып келеді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Ауыл шаруашылық өндірісінің қалдықтары: бидай кебек, күнбағыс шроты және күріш қауыздары сияқты шикізаттар ферментация үшін қызмет етеді. Ашытқы ретінде ферментацияға *Bacillus* бактериясының 12 штаммдары бар тәуліктік бульон суспензиясын пайдаланады.

Алдымен шикізатты Петри ыдысына орналастырып, содан кейін оны 107 КОЕ/г көлемінде бөлді. Бірінші тәулікте егісті штуттельденді, содан кейін 30°С температурасында статикалық жағдайында инкубациялады. Штаммдардың қатты целюлозасы бар субстраттарда өсу қабілетінде байқалған целюлозаның кемуі бойынша, 5-тәуліктік Гуго-Мюллердің өсіру әдісімен ферментацияның тиімділігін анықтаған [6]. Целлюлозалық бактериялардың ферменттік спектрін – редуцияланған қанттар әдісімен анықтайды, ол түрлі целлюлозалық субстраттарда штаммдарды өсіруден кейін сұйықтықта пайда болады [7].

Ашытқының өсу қарқындылығын КТБ-1 г. субстраттар саны бойынша бағалады. Петри шынысына сұйылтылған ферменттік материалдарды Сабуро ортасына егу арқылы анықтайды. Сондай-ақ өнімділігін Кьельдаля әдісі арқылы анықталатын ақуыз саны бойынша бағаланады [8].

Штаммдардың идентификациялауы тікелей нуклеид реттілігінің фрагмент 16S rRNA генің анықтау әдісімен жүзеге асырылды, кейіннен нуклеид реттілігін анықталуымен оларды Gene Bank халықаралық деректер базасына депонирленді. ДНҚны Kate Wilson әдісімен бөліп алды [9]. Спектофотометриялық әдістемеде 260 нм толқын ұзындығы бар NanoDrop (Ресей) спектофотометрін қолдана отырып ДНҚ концентрациясын өлшеді. Амплификация фрагменті 16S rRNA гені әмбебап праймері арқылы орындалды. ПТР бағдарламасы – GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems, АҚШ) амплификаторларын қолдана отырып орындалды. BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applide Biosystems, АҚШ) нұсқаулығына қарай отырып, секвенирлеу реакциясын өткізді. Кейіннен фрагменттердің бөлінуін 3730xl DNA Analyzer (Applide Biosystems, АҚШ) автоматты генетикалық анолизаторы арқылы жүзеге асырды. Нуклеид реттілігі 16S rRNA генінің идентифицияланған штаммдары біріктірілді және талдаудан орта реттілік SeqScape 2.6.0 (Applide Biosystems, АҚШ) бағдарламалық қамтамасыздануда өтті және BLAST алгоритмі бойынша GeneBank қорына идентифицирланды [10].

Генотиптеу олардың түрлерінің тиесілігін анықтады*: Bacillus cereus (NP-1, P-5, G-7); Bacillus subtilis (R-2, NP-7, S-10); Bacillus licheniformis G-25, Bacillus pumilis R-5, Brevibacillus brevis S-7, Bacillus pseudomycoides NP-9, Pseudomonas putida S-17, Rhodococcus rhodochrous G-23*. Барлық штамдар МРК коллекция депозитіне алынды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Бірінші кезеңде беткейлік қатты фазада өсіру өткізілді, сол жерде қатты кеуекті субстраттарындағы микроорганизмдерді өсіру ортасы болып табылады, оның салмақтық үлесі 65% – ға дейін. Берілген мәліметтер бойынша, дәнді кебекті – дәстүрлі субстрат ретінде қолданады. Алайда дәндер тек жоғары бағалы азық қана емес және тамаққа жақсы қоспа болады. Осыған байланысты ауылшаруашылық қалдықтары – күнбағыс қалдықтары (шрот) және күріш қауыздарын сынаққа алды. Күнбағыс қалдықтары (шрот) – бұл май экстракциясының жанама өнімі. Қалдықтар – құстарға арналған жоғары протеинді және концентрацияланған жем болып табылады. Күнбағыс қалдығының құрамындағы (20%) өзегі – целлюлозалық микроорганизмдерге тыныштықтағы спорадан вегетативті жасушаларға өтуіне мүмкіндік береді және жем сіңімділігін арттырады. Күріш қауызы – органикалық заттарға кедей және ірі тонналық жанама өнімі (1-кесте).

1-кесте – Целлюлозалық бактериялардың қатты фазалық дақылдаудан кейінгі екінші қалдықтардағы құрамындағы өзектің (%) үлесі

Штамм	Бидай кебектері	Күріш қауызы	Күнбағыс қалдығы
R-2	7,03	35,05	19,27
R-5	7,08	34,28	19,41
NP-1	7,43	34,56	19,95
NP-7	6,15	35,11	19,17
NP-9	7,12	34,32	19,87
G-7	7,18	34,28	19,57
G-23	6,45	34,76	19,68
G-25	7,04	34,98	19,11
P-5	6,55	35,34	19,36
S-7	7,30	35,30	19,15
S-10	7,12	35,02	19,66
S-17	6,45	34,31	19,32
Ескерту: 21% күнбағыс қалдығы, 38% күріш қауызы, 8% бидай кебегі құрамындағы целлюлозаның үлесі			

Барлық зерттелген штаммдар целлюлозаны осы субстраттардан кәдеге әкеледі. Ал оның кемуі, 2-6% – кебек, 5-9% – күнбағыс қалдығы, 7-10% – күріш қауызын құрады. Бұл штаммдардың кең субстратты спецификасына ие екендігін дәлел-

дейді және әртүрлі шикізат өнімдерінде бар целлюлозаны деструкциялауға қабілеті бар. Айта кету керек, бұл қалдықтарды өнеркәсіптік құс шаруашылығында қолданатын жемдерге қосады және осы штаммдарға негізделе отырып азықтық пробиотиктерді әзірлеуге ықтимал тигізеді.

Биотехнологияда аралас дақылдар бактерияларына көңіл көбірек бөлінеді, өйткені оларды қолданғанда қоректендіру көздерінің толық меңгеруіне әкеледі және мақсатты өнім өндіру технологиясын жеңілдетеді. Аралас дақылдарды пробиотикалық биотехнологияды пайдалану, бұрыннан және қазіргі күнге дейін «алтын стандарт» болып табылады.

Гидролиз субстраттарының тереңдігі целюлозалық кешеніндегі ферменттер белсенділігінің арақатынасына және олардың өзара іс-қимылына немесе синергизмнің болуынына байланысты болуы мүмкін. Аралас дақылдар жасау мәдениетінің принципі – бір мәдениетте бар штаммдардағы әр түрлі ара қатынас целлюлаздардың байлынысуы болып табылады.

Целлобиаза бойынша (целлобиозаны ыдыратады) және С2 ферментінің белсенділігі бойынша (сүзгі қағазды ыдыратады) барлық бактериялар штаммдарының қатты айырмашылықтары байқалмады (2-кесте).

Ферменттердің белсенділік деңгейі бойынша штаммдарды екі топқа бөлді: С1- ферментінің басым белсенділігі (мақтаны ыдыратады): NP-1, NP-9; C_x – ферментінің басым белсенділігі: NP-7, G-25, S-17 (карбоксиметилцеллюлозасын ыдыратады).

Аралас мәдениет штаммдары осы екі ферменттердің қиылысу белсенділігінен құрастырылды.

2-кесте – Ферментативтік кешеніндегі бактериялардағы жекеленген целюлазалық қатынасы

Штамм	Редукцияланған қант, мг/мл				C_x: Цб: C_2: C_1
	C_x-фермент	Целлобиаза	C_2- фермент	C_1-фермент	
R-2	0,46	1,55	0,38	0,44	1,2: 4: 1: 1,2
R-5	0,48	1,46	0,39	0,47	1,2: 3,7: 1: 1,2
NP-1	0,46	1,53	0,45	0,52	1: 3,4: 1: 1,2
NP-7	0,48	1,34	0,43	0,43	1,1: 3,1: 1: 1
NP-9	0,35	1,60	0,36	0,42	1: 4,6: 1: 1,2
G-7	0,55	1,50	0,43	0,56	1,3: 3,5: 1: 1,3
G-23	0,50	1,60	0,42	0,46	1,2: 3,8: 1: 1
G-25	0,55	1,61	0,46	0,56	1,2: 3,5: 1: 1,2
P-5	0,47	1,17	0,42	0,47	1,1: 2,8 :1: 1,1
S-7	0,51	1,34	0,43	0,52	1,2: 3,1: 1: 1,2
S-10	0,49	1,46	0,43	0,48	1,1: 3,4: 1: 1,1
S-17	0,48	1,38	0,38	0,47	1,3: 3,6: 1: 1,2

3-кесте – Өсімді субстраттарының аралас дақылдар целлюлозалық бактериялардың қатты фазалық дақылдандыруы

Штаммы	Бидай кебегі		Күріш қауызы		Күнбағыс қалдығы	
	Целлюлоза,%	% кемуі	Целлюлоза,%	% кемуі	Целлюлоза,%	% кемуі
Контроль	43,01	-	38, 01	-	21, 01	-
НП-7	39,98	7	35,11	8	19,17	9
НП-9	39,66	8	34,32	10	19,87	5
НП7+НП-9	38,27	11	30,79	18	17,46	17
Ж-23	40,56	6	34,76	9	19,68	6
НП-9	39,66	8	34,32	10	19,87	5

3-кестенің жалғасы

Штаммы	Бидай кебегі		Күріш қауызы		Күнбағыс қалдығы	
	Целлюлоза,%	% кемуі	Целлюлоза,%	% кемуі	Целлюлоза,%	% кемуі
Ж23+НП-9	32,24	25	29,03	23	15,92	24
С-17	40,34	6	34,31	10	19,32	8
НП-1	41,24	4	34,56	9	19,95	5
С-17+ НП1	33,12	23	28,50	25	15,76	25
С-17	40,34	6	34,31	10	19,32	8
НП-9	39,66	8	34,32	10	19,87	5
С-17+НП-9	37,34	13	32,35	14	18,23	13
Ж-7	39,54	8	34,29	10	19,57	7
НП-1	41,24	4	34,56	9	19,95	5
Ж-7 +НП-1	36,76	15	31,36	17	17,02	19
Ж-7	39,54	8	34,29	10	19,57	7
НП-9	39,66	8	34,32	10	19,87	5
Ж-7 +НП-9	36,79	14	32,57	14	17,48	17
Ж-7	39,54	8	34,29	10	19,57	7
С-7	39,91	7	35,30	7	19,15	9
Ж-7 + С-7	33,97	21	30,39	20	16,79	20
Ж-7	39,54	8	34,29	10	19,57	7
П-5	39,73	8	35,34	7	19,36	8
Ж-7 + П-5	34,40	20	29,13	23	16,24	23
Ж-7	39,54	8	34,29	10	19,57	7
С-17	40,34	6	34,31	10	19,32	8
Ж-7 + С-17	37,12	14	33,81	11	18,45	12
Ж-25	41,28	4	34,98	8	19,11	9
НП-7	39,98	7	35,11	8	19,17	9
Ж-25 +НП-7	37,03	14	33,12	13	18,65	11
Ж-7	39,54	8	34,29	10	19,57	7
Ж-23	40,56	6	34,76	9	19,68	6
Ж-7 + Ж-23	34,82	19	32,78	14	18,69	11
Ескерту: Кестеде целлюлозаның және гемицеллюлозаның 100 г өнімдегі саны көрсетілген.						

Штаммдармен бірге бірлесе қолдана отырып деструкция дәрежесі целлюлозада және кебектерде, күріш қауызында, сондай-ақ қалдықтарда артады. Жасалған аралас мәдениеттері 3-7% бидай кебегінің, 20-25% күріш қауызының және күнбағыс қалдықтарының өзектерін гидролиздейді.

Барлық сыналған ассоциациялар дара дақылдарға қарағанда (11-19%), целлозаны жақсы ыдыратады.

Алынған нәтижелердің көрсеткіші бойынша табиғи штаммдар аэробты бактериялардың – ағаш және ауылшаруашылықта қолданатын қатты қалдықтарды қанттандыруға мүмкіндігін көрсетеді.

Жүргізілетін зерттеудегі тапсырманың бірі – ол эксперименттік дәлелді бактериялардың қатысуымен және құрамында целлюлозасы бар шикізаттан ақуызды алу және оның қанттануының жүзеге асыру мүмкіндігі. Бұл үшін арнайы эксперименттер жүргізілді. Целлюлозалық бактерия дақылдарын 37°С-та 5 күн күнбағыс қалдықтарында, күріш қауызында және бидай кебектерінде өсірді. Содан кейін *Candida* және *Pichia* түрлеріне тиесілі ашытқы дақылдары арқылы субстратты инокуляттады (стериль-

денген физиологиялық ерітіндіде суспендирленген). Егістік дозасы – $3*10^7$ КТБ/г. Өнімділігін 3 тәулік бойы 27°С өсіргеннен кейін ферментталған ашытқы субстраттарын 1г субстраттығы КТБ-ның сынын анықтау арқылы тапты (4 -кесте).

4-кесте – кезең-кезеңмен целлюлозалық бактериялар мен ашытқыларды дақылдау барысында екіншілік қалдықтағы биомасса және ақуыздың қалыптасуы.

Ашытқы түрлері	Күріш қауызы			
	Ашытқы жасушаларының саны, КОЕ/г		Шикі ақуыздың массалық үлесі,%	
	Қанттаусыз ЦЛБ, $\times10^8$	Қантталғаннан кейін ЦЛБ, $\times10^9$	Қанттаусыз ЦЛБ	Қантталғаннан кейін ЦЛБ
Candida famata A1	3,4	2,2	12,8	15,6
Candida famata A3	3,1	3,8	13,1	17,1
Pichia guilliermondii IS-5	3,1	6,6	13,5	17,6
Pichia guilliermondii IS-7	3,2	2,1	12,9	15,6
Pichia anomala P-12	3,5	4,3	12,5	16,3
Алынған субстрат	0	0	4,1	4,1
Күнбағыс қалдығы				
Candida famata A1	3,5	1,2	44,6	57,7
Candida famata A3	3,9	3,6	43,9	58,0
Pichia guilliermondii IS-5	4,6	8,8	45,1	59,3
Pichia guilliermondii IS-7	4,8	1,1	43,8	57,1
Pichia anomala P-12	4,5	5,1	44,1	58,6
Алынған субстрат	0	0	37,6	37,6

Алынған нәтижелерге қарағанда, *Pichia guilliermondii IS-5* штаммы өнімді болып табылады. Ашытқы жасушалардың концентрациясы бастапқы субстраттарда тек 3 тәулік бойы дақылдағаннан кейін ғана $8,8\times10^9$ КТБ/г жетеді. Бактерия конверсиясын алдын ала пайдалану ашытқының өсуін арттырады. Ақуыздың Къельдалье құрамы бойынша күнбағыс шротындағы қаттыфазалы ферментацияда 14,3%, ал күріш қауызында 12,9% бастапқы массасы құрайды. Субстратты целлюлозалық бактериялармен қанттандырудан кейін шикі ақуыздың салмақтық үлесі орта есеппен 25-30%-ға артады.

Қорытынды

Целлюлозалық бактерияларды қатты фазалы дақылдауға арналған жаңа зертханалық үлгі әзірленген. Анықталғандай, барлық штаммдар кең субстраттық спецификасына ие болып келеді, өйткені олардан құралатын целлюлозалық кешендер бар. Ағаш үгіндісін, күріш қауызын және күнбағыс қалдықтарын қатты фазалы дақылдау кезінде монодақылдардағы целлюлоза конверсиясының тиімділігі анықталған. Бидай дақылдары 5 тәулік дақылдаудан кейін целлюлоза концентрациясы 4-6%-ға төмендейді, мысалы 7-10%-ға күріш қауызында, 5-9%-ға күнбағыс қалдықтарында төмендеді.

Құрастырылған 6 аралас дақылдарды қолдану целлюлозаның деструкциясын 2-3 есе тиімділігін ұлғайтты. Ең белсенді аралас дақылдар: *B.licheniformis G23 + B.subtilis NP-9, B.cereus G-7 + B.subtilis C-7, B.licheniformis G-7 + B.cereus P-5* қатты өзек субстраттарын 20-25%-ға гидролиздейді. Алынған нәтижелердің көрсеткіші бойынша табиғи штаммдар аэробты бактериялардың – ағаш және ауылшаруашылықта қолданатын қатты қалдықтарды қанттандыруға мүмкіндігін көрсетеді.

Pichia guilliermondii IS-5 штаммы – ең өнімді болып табылады. Ашытқы жасушалардың концентрациясы бастапқы субстраттарда 3 тәулік дақылдау барысында $8,8\times10^9$ КТБ/г дейін жетеді. Алдын ала бактериялық конверсияны

қолдану ақуыздың салмақтық үлесін орта есеппен 25-30%-ға ұлғайтады. Алынған нәтижелер бойынша *Bacillus* бактерия түрі және *Pichia* и *Candida* целлюлозалық емес ашытқылардың өсімдік субстраттарындағы кезең-кезеңмен тозу мүмкіндігін көрсетеді. Өйткені микробтық конверсия целлюлоза жолымен алынған редуцияланатын қантты ашытқыда қолданады.

Әдебиеттер

1 Norman F, Haard SA (2009) Fermented cereals a global perspective. FAO agricultural services bulletin. 3: 268.

2 Kanochkina MS, Borisenko EG, Gorin KV, Nguen CZ (2010) The yeast-bacterial edible products based on the primary and secondary agroindustrial raw materials. EurasiaBio: 2nd International Congress-Partnering & Exhibition on Biology and Bioenergy 2: 236-237.

3 Silas GV, Elisa E, Margarida MM (2002) Novel lignocellulolytic ability of Candida utilis during solid-substrate cultivation on apple pomace. World Journal of Microbiology & Biotechnology 18: 541–545.

4 Tian VC, Gulimova LA, Nguyen TG, Gorin KV, Borisenko EG (2013) Yeast bioconversion of vegetable raw materials. Bulletin of Biotechnology and Physical and chemical biology 9: 17–23.

5 Yong T, Danqing Zh, Liwei Zh, Jianxin J (2011) Integrated process of starch ethanol and cellulosic lactic acidfor ethanol and lactic acid production. Eur Food Res Technol 233: 489–495.

6 Pratima G, Kalpana S, Avinash S (2012) Isolation of Cellulose-Degrading Bacteria and Determination of Their Cellulolytic Potential. International Journal of Microbiology P. 1-3.

7 Barman D, Saud ZA, Habib MR, Islam MF, Hossain K, Yeasmin T (2011) Isolation of Cellulytic Bacterial strains from Soils for effective efficient Bioconversion of solid Waste. Life Sciences and Medicine Research. P. 1-7.

8 Han YW (2003) Microbial utilization of straw. Adv. App. Microbiol 23: 119-153.

9 Clayton RA, Sutton G, Hinkle PS, Bult JC, Fields C (1995) Intraspecific variation in small subunit rRNA sequences in GeneBank: Why single sequences may not adequately represent prokaryotic taxa. International Journal of Systematic Bacteriology 45: 595–599.

10 Clarridge JE (2004) Impact of 16S rRNA Gene Sequence Analysis for Identification of Bacteria on Clinical Microbiology and Infectious Diseases. Clinical Microbiology Reviews 17: 840–862.

Азимханова Б.Б.,
Туфуминова Я.С., Оразова С.Б.,
Карпенюк Т.А., Гончарова А.В.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Влияние времени культивирования и концентрации азота в среде на содержание липидов и жирнокислотный состав микроводорослей

В настоящее время одним из биотехнологических приемов, позволяющих повысить содержание липидов и полиненасыщенных жирных кислот в клетках микроводорослей является оптимизация условий их культивирования. В работе было изучено влияние времени культивирования и различных концентраций азота на накопление липидов и полиненасыщенных жирных кислот зеленой микроводоросли Dictyochlorella globosa и диатомовой микроводоросли Pleurosigma sp. Было установлено, что наиболее оптимальными условиями для синтеза липидов и полиненасыщенных жирных кислот для микроводоросли Dictyochlorella globosa являются выращивание на среде Фитцджеральда с нормальным содержанием азота в течение 10 суток, а для Pleurosigma sp. выращивание на среде Фитцджеральда с уменьшенным вдвое содержанием азота в течение 5 суток. Полученные данные могут быть использованы при разработке технологии получения липидов и полиненасыщенных жирных кислот для использования в качестве биологически активных добавок и лекарств в профилактике и лечении ряда заболеваний человека и сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: микроводоросли, липиды, полиненасыщенные жирные кислоты, время культивирования, концентрация азота.

Azimkhanova B.B.,
Tufuminova Ya.S., Orazova S.B.,
Karpenyuk T.A., Goncharova A.V.

Al-Farabi Kazakh national university, Kazakhstan, Almaty

The influence of culture time and the concentration of nitrogen in the medium on lipid content and fatty acid composition of microalgae

Currently one of the biotechnological techniques to increase the content of lipids and polyunsaturated fatty acids in the microalgae cells is the optimization of their culture conditions. In this work was studied the influence of time of cultivation and different concentrations of nitrogen on the accumulation of lipids and polyunsaturated fatty acids of green microalgae Dictyochlorella globosa and diatom microalgae Pleurosigma sp. It was found that the optimal for the synthesis of lipids and polyunsaturated fatty acids conditions for microalgae Dictyochlorella globosa are growing on the Fitzgerald medium with normal nitrogen content for 10 days, and for Pleurosigma sp. the cultivation on the medium with Fitzgerald with twice reduced content of nitrogen within 5 days. The data obtained can be used to the development of technology for production of lipids and polyunsaturated fatty acids for use as a biologically active additives and medicines for prevention and treatment of several diseases of humans and farm animals.

Key words: microalgae, lipids, polyunsaturated fatty acids, time of cultivation, the concentration of nitrogen.

Азимханова Б.Б.,
Туфуминова Я.С., Оразова С.Б.,
Карпенюк Т.А., Гончарова А.В.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

Өсіру уақыты мен ортадағы азот концентрациясының микробалдырлар клеткаларының липидтер мөлшері мен май қышқыл құрамына әсері

Қазіргі кезде микробалдырлар клеткаларындағы липид және полиқанықпаған май қышқыл мөлшерлерін көбейтуге арналған биотехнологиялық әдістерінің бірі – олардың өсіру жағдайларын оптимизациялау. Жұмыста жасыл микробалдыр Dictyochlorella globosa және диатомдық микробалдыр Pleurosigma sp. клеткаларындағы липид және полиқанықпаған май қышқылдар жинақталуына өсіру уақыты мен әр түрлі азот контцентрациясының әсері зерттелді. Dictyochlorella globosa микробалдырының липид және полиқанықпаған май қышқылдар жинақталуына ықпал ететін оптималды жағдай - 10 тәулік ішінде құрамында қалыпты азот концентрациясы бар Фитцджеральд ортасында, ал Pleurosigma sp. микробалдырын 5 тәулік ішінде, азот концентрациясы екі есе азайтылған Фитцджеральд ортасында оптималды өсіру жағдайы анықталды. Алынған нәтижелерді әр түрлі адам және ауылшаруашалық малдардың ауруларын емдеу және профилактика үшін қолданылатын липидтер және полиқанықпаған май қышқылдары негізінде алынатын биологиялық белсенді заттар және дәрілер өндіру технологясында қолдануға болады.

Түйін сөздер: микробалдырлар, липидтер, полиқанықпаған май қышқылдары, өсіру уақыты, азот концентрациясы.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 577.115:582.263

[*]Азимханова Б.Б., Туфуминова Я.С., Оразова С.Б., Карпенюк Т.А., Гончарова А.В.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы
[*]E-mail: balzhan_u-ka@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ И КОНЦЕНТРАЦИИ АЗОТА В СРЕДЕ НА СОДЕРЖАНИЕ ЛИПИДОВ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Введение

Микроводоросли (МВ) представляют собой огромный биологический ресурс. Они находят применение в разных областях науки и технологии (фармакология, косметология, пищевая промышленность, сельское хозяйство, биоэнергетика и т.д.). МВ являются перспективными продуцентами липидов. При оптимальных условиях культивирования некоторые виды микроводорослей могут накапливать до 70% липидов от сухого веса, что превышает содержание липидов у большинства масличных зерновых культур [1]. Всё большее значение для человека и многих животных приобретают полиненасыщенные кислоты (ПНЖК), входящие в состав липидов, т.к. они обладают ценными свойствами. Основными представителями ПНЖК являются линолевая (С18:2n-6), α- и γ-линоленовые (С18:3n-3) и (С18:3n-6), арахидоновая (С20:4n-6), эйкозапентаеновая (С20:5n-3) и докозагексаеновая (С22:6n-3) кислоты [2]. Линолевая (ЛК) и линоленовая кислоты служат предшественниками более длинноцепочечных жирных кислот. Арахидоновая кислота (АК) трансформируется в эйкозаноиды, лейкотриены и простаноиды – биологические регуляторы сердечно-сосудистой, нервной, репродуктивной и иммунной систем организма. Эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) влияет на развитие инфекционных процессов, оказывая сильное противовоспалительное действие [3]. ПНЖК необходимы для нормального роста и развития организма, в особенности детского, играют важную роль в предупреждении и лечении многих иммунных, воспалительных и сердечно-сосудистых заболеваний, например, ревматоидного артрита, ишемической болезни сердца, а также рака [4,5].

В организме млекопитающих ПНЖК не могут синтезироваться *de novo* и должны поступать извне. В настоящее время в качестве основных источников для получения ПНЖК применяются растительные масла и морепродукты. В животных жирах, например, свином, содержание ПНЖК незначительно. Нехватка ПНЖК в рационе, сложность технологии их традиционного получения заставляют искать новые эффективные источники ПНЖК [6]. В качестве таких источников получения

ПНЖК всё большую популярность приобретают МВ. Это связано с тем, что они характеризуются быстрым темпом накопления биомассы на простых средах, способностью накапливать и синтезировать большое количество липидов (до 70%), отсутствием конкуренции с растениями за пахотную землю (появляется возможность наращивать биомассу в местах, непригодных для посева) и др. [7,8].

Одним из биотехнологических приемов, позволяющих повысить содержание липидов и ПНЖК в биомассе МВ, является оптимизация условий их культивирования. Наиболее часто применяемыми способами являются сбор биомассы для выделения липидов в стационарную фазу роста клеток и лимитирование среды культивирования по источнику азота [9].

Целью данной работы является подбор времени культивирования и концентрации азота в среде культивирования МВ *Dictyochlorella globosa* и *Pleurosigma sp.,* способствующие максимальному выходу содержания липидов и ПНЖК.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись МВ из коллекции лаборатории: зеленая водоросль – *Dictyochlorella globosa*, диатомовая – *Pleurosigma sp.,* характеризующиеся по результатам предыдущих исследований стабильным ростом в лабораторных условиях, а также высоким содержанием липидов. Водоросли культивировали в накопительном режиме, при 16-часовом фотопериоде. Интенсивность света на поверхности раствора составляла 8 кЛк. Температура среды колебалась в диапазоне 20 – 25°С. МВ выращивали в 250-миллилитровых конических колбах. Объём среды в колбах составлял 80 мл при высоте слоя раствора 5 см. В качестве питательной среды использовали среду Фитцджеральда [10]. В вариантах опытов с уменьшенным на четверть (1/4N), половину (1/2N) и три четверти (3/4N) количеством азота в контрольной среде (N) снижалось количество внесенной соли $NaNO_3$ (до 0,372 г/л, 0,248 г/л, 0,124 г/л, соответственно). Сбор биомассы производился на 5, 10 и 20 сутки культивирования.

Экстракцию липидов из клеток проводили согласно методам Kates [11] и Garbus [12].

Жирные кислоты анализировали методом газовой хроматографии в виде их метиловых эфиров (МЭЖК), которые получали по методике Christie [13]. К определенному количеству общего липидного экстракта добавляли 3 мл 2,5% H_2SO_4 в метаноле: толуоле (2:1), реакция метилирования протекала при 70°С в течение 2 часов. Известное количество жирной кислоты С24:1 (1 мг/мл) добавляли в качестве внутреннего стандарта для количественного определения, как индивидуальных жирных кислот, так и для определения количества общих липидов. МЭЖК экстрагировали из метилирующей смеси гексаном (2 х 3 мл) после добавления 3 мл 5% NaCl. Гексановые фракции объединяли и выпаривали в токе азота, сухой осадок растворяли в 50-80 мкл гексана и переносили в виалы для анализа.

Хроматографическое разделение МЭЖК проводили на газовом хроматографе Clarus 500 (Perkin Elmer, США) с 30 м х 0,25 мм внут. диам. капиллярной колонкой (Elite 225, Perkin Elmer). Разделение МЭЖК проходило в следующем температурном режиме: 170°С – 3 мин, нагрев до 220°С со скоростью 4°С/мин, удерживание в течение 15 мин. Идентификация индивидуальных ЖК была проведена путем сравнения времен удерживания пиков с таковыми у стандарта G411 Fa, содержащего 31 жирную кислоту от С8 до С24:1(Nu-Chek Prep. Inc., Elysian, MN, США). Обработка хроматограмм проводилась с использованием Perkin-Elmer Total Chrom Navigator программного обеспечения.

Результаты исследования и их обсуждение

Оптимизация технологии получения липидов из МВ в промышленных масштабах тесно связана с условиями культивирования, которые влияют как на содержание общих липидов, так и на жирнокислотный состав. Например, известно, что аккумуляция продуктов метаболизма, в том числе липидов происходит у многих МВ во время стационарной фазы роста, когда клетке не нужно затрачивать энергию на рост и развитие [14]. При недостатке азота деление клеток микроводорослей останавливается, и липиды, в основном триацилглицириды (ТАГ) накапливаются в клетках, которые вследствие этого продолжают увеличиваться в размерах. В результате содержание ТАГ в клетках МВ может увеличиться в два и более раз. При этом наблюдается снижение доли и количества мембранных липидов, что связано с редукцией фотосинтетического аппарата, наблюдаемой в неблагоприятных условиях. Видимо, ускоренный синтез некоторых липидов при азотном голодании – общая реакция водорослей [15].

Установлено, что содержание липидов у *Dictyochlorella globosa* увеличивалось к концу культивирования при всех вариантах опыта (таблица 1) (P<0,001). Так, в контроле (N) к 20-м суткам оно достигло максимального значения 22,5±3% от сухого веса (СВ). При внесении уменьшенного количества азота в концентрации 3/4N и 1/4N, содержание липидов было меньше, чем в контроле, и достигало 19,8±3 и 16,4±2% от СВ, соответственно, в варианте опыта с концентрацией азота 1/2N оно было сопоставимо с контролем.

Содержание липидов у *Pleurosigma sp*. увеличивалось к концу культивирования до 17,7±2% от СВ (таблица 1). Снижение количества азота стимулировало образование липидов. Так, при внесении азота в концентрации 3/4N, максимальное количество липидов наблюдалось на 10 сутки культивирования – 34,6±4%, а к 20 суткам снизилось до 30,8±3,1% от СВ. Аналогичная картина наблюдалась и при внесении в концентрации азота 1/4N, максимальное количество было равно 27,3±3% от СВ. В варианте опыта с концентрацией азота 1/2N, содержание липидов увеличивалось до окончания культивирования, максимальное значение было равно 30,5±3% от СВ (P<0,001).

Из данных литературы известно, что интенсивный синтез липидов обычно происходит в стационарную фазу роста, однако у некоторых микроорганизмов липиды накапливаются в молодых культурах и уровень ПНЖК снижается с возрастом [16]. Полученные нами данные согласуются со вторым утверждением.

Таблица 1 – Содержание липидов **у** *Dictyochlorella globosa* и *Pleurosigma sp***.** в зависимости от концентрации азота в среде и времени культивирования,% от биомассы, соответственно, * P<0,001

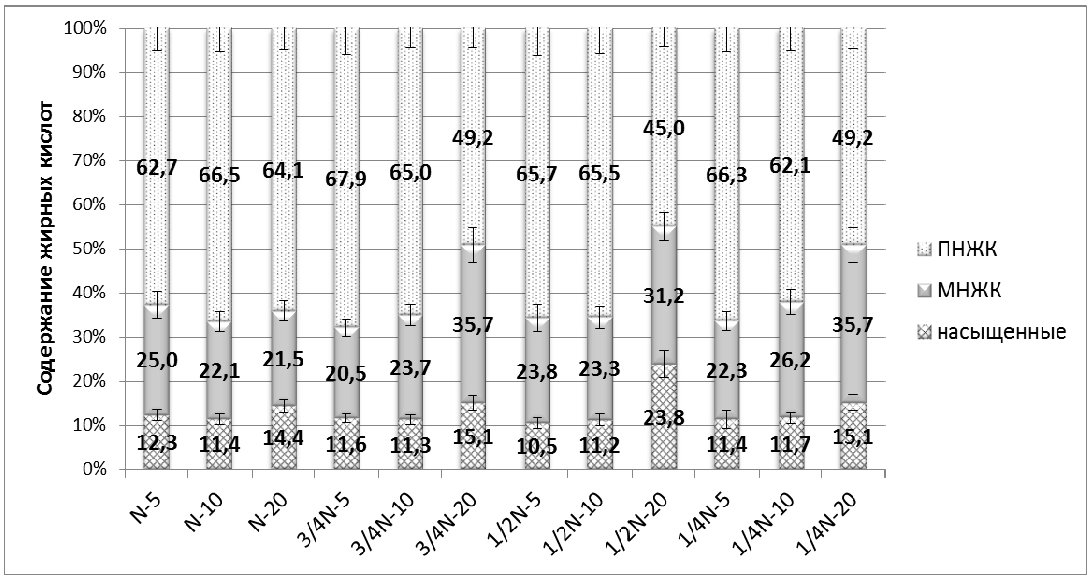
Условие культивирования			
		Dictyochlorella globosa	*Pleurosigma sp*.
Контроль	N-5	14,1±1,5	8,3±0,9
	N-10	18,3±2,0	9,4±1,0
	N-20	22,5±3,0*	17,7±2,0*
Концентрация азота в среде	3/4N-5	12,5±2,0	5±0,6
	3/4N-10	15,2±2,1	34,6±4,0*
	3/4N-20	19,8±3,0*	30,8±3,1*
	1/2N-5	10,4±1,1	10,5±1,1
	1/2N-10	14,4±1,5	20,8±2,1*
	1/2N-20	22,3±3,0*	30,5±3,0*
	1/4N-5	12,7±1,3	17,9±2,0
	1/4N-10	15,6±1,9	27,3±3,0*
	1/4N-20	16,4±2,0*	18,9±2,0

Выращивание *Dictyochlorella globosa* в течение 20 суток не вызывало достоверного изменения содержания фракции ПНЖК, которое варьировало от 62,7±5 до 66,5±5,2% от суммы жирных кислот (рисунок 1). При выращивании МВ на средах с содержанием азота ниже контрольного количество ПНЖК достоверно не изменялось вплоть до 10 суток культивирования при всех вариантах внесения азота. К 20 суткам культивирования содержание ненасыщенных жирных кислот уменьшалось на 14,9-19,1% от суммы жирных икслот по сравнению с контролем при всех вариантах уменьшенного внесения источника азота, в основном за счет увеличения фракции мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) (P<0,001).

У МВ *Pleurosigma sp*. при изменении условий культивирования (время культивирования и концентрации источника азота) количество ПНЖК при культивировании в течение 20 суток колебалось в пределах 25,5±2,7-33,2±3,3% от суммы жирных кислот (рисунок 2). При понижении содержания источника азота на 3/4N содержание ПНЖК повышался на 16,1% по сравнению с контролем (N) и достигало к 5 суткам культивирования 46,3±5% от суммы жирных кислот,

дальнейшее культивировании приводило к понижению количества ПНЖК почти вдвое за счет увеличения фракции МНЖК (P<0,001).

Аналогичная тенденция наблюдалась и при внесении источника азота в концентрации 1/2N. В этом случае содержание ПНЖК на 5 сутки культивирования достигало 52,1±5,2% от суммы ЖК, на 20 сутки снижалось до 13±1,4% от суммы жирных кислот (P<0,001). В варианте опыта с концентрацией азота 1/4N приводило к снижению содержания ПНЖК в 2-3 раза по сравнению с контролем (до 10,8±1,1-13,7±1,2% от суммы жирных кислот) на протяжении всего периода культивирования (P<0,001).



По оси абсцисс – N, 3/4N, 1/2N, 1/4N – количество внесенного азота; 5, 10, 20 – сутки культивирования

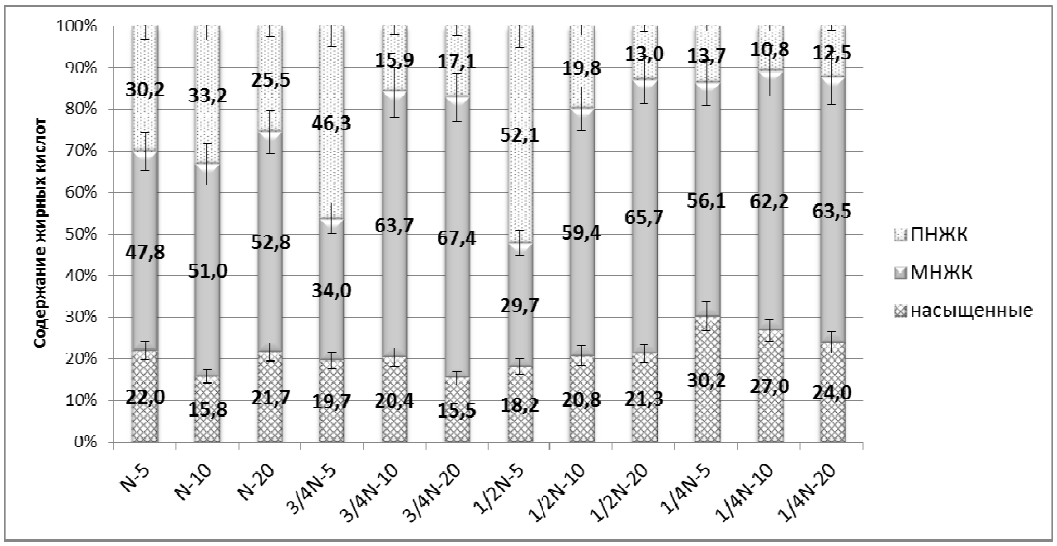
Рисунок 1 – Влияние сроков культивирования и содержания внесенного в среду азота на процентное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот у *Dictyochlorella globosa*

Качественных изменений в жирнокислотном составе у *Dictyochlorella globosa* в течение 20 суток культивирования выявлено не было (таблица 2). Содержание альфа-линоленовой кислоты (АЛК) варьировало от 30,1±3,1 до 35,4±3,2% от суммы жирных кислот. В результате изучения влияния количества вносимого азота на жирнокислотный состав была выявлена следующая тенденция: при всех уменьшенных концентрациях вносимого азота по мере культивирования наблюдалось увеличение доли насыщенных и моноеновых кислот и уменьшение фракции полиненасыщенных.

Так, при концентрации азота 3/4 и 1/4N содержание пальмитиновой кислоты увеличилось на 3,4-3,7%, а при концентрации 1/2N на 13,3% от суммы жирных кислот по сравнению с 5 днем культивирования. Содержание пальмитолеиновой кислоты увеличилось на 3,6-5,5%, олеиновой – на 3,8-9,7% от суммы жирных кислот по сравнению с 5 днем культивирования при всех уменьшенных концентрациях азота. Содержание ПНЖК С16:4n-3 уменьшилось к концу культивирования на 2,8-4,1%, АЛК – на 11,5-12% от суммы жирных кислот (P<0,001). Максимальное значение АЛК наблюдалось при нормальном количестве азота на 10 сутки культивирования – 35,4±3,2% от СВ.

Результаты исследования показали, что у *Pleurosigma sp*. при нормальной концентрации азота в среде содержание пальмитолеиновой кислоты к концу культивирования снижалась более, чем в 2 раза, также наблюдалось снижение ПНЖК С16 и С20 рядов (P<0,001) (таблица 3). Содержание АК к концу культивирования понизилось с 10,4±1,1 до 3,6±0,4%, то есть на 6,8% от суммы жирных кислот, а содержание ЭПК снизилось на 6,4% от суммы жирных кислот (P<0,001). В то же время содержание ненасыщенных кислот С18 ряда повышалось. Так, содержание олеиновой кислоты к концу культивирования повысилось на 31,2%, ЛК – на 3,5%, АЛК – на 7,2% от суммы жирных кислот (P<0,001).

В результате исследования влияния количества азота в среде на жирнокислотный состав *Pleurosigma sp*. было выявлено, что: при внесении азота в концентрации 3/4 и 1/2N к 20 суткам культивирования содержание пальмитолеиновой кислоты увеличивалось на 25,7-32%, а при концентрации 1/4N – на 9,5% от суммы жирных кислот по сравнению с начальным значением (P<0,001). Содержание другой моноеновой кислоты – олеиновой также увеличивалось при концентрациях 3/4 и 1/2N, но не столь значительно по сравнению с контролем. Так, при внесении азота в концентрации 3/4N оно увеличилось на 7,6%, а при концентрации 1/2N – на 4% от суммы жирных кислот. Максимальное содержание наиболее ценных ПНЖК – АК и ЭПК, наблюдалось на 5 сутки культивирования при внесении азота в концентрации 3/4N и 1/2N азота. В варианте опыта с концентрацией азота 3/4 N содержание АК было равно 7,7±0,8%, а ЭПК – 11,7±1,2% от суммы жирных кислот и к концу культивирования понижалось до 5,4±0,6 и 4,8±0,5%, соответственно.



По оси абсцисс – N, 3/4N, 1/2N, 1/4N – количество внесенного азота; 5, 10, 20 – сутки культивирования

Рисунок 2 – Влияние сроков культивирования и содержания внесенного в среду азота на процентное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот у *Pleurosigma sp*.

При внесении азота в концентрации 1/2 N на 5 стуки культивирования содержание АК достигло 12±2%, а ЭПК – 18,3±2,1% от суммы жирных кислот и к концу культивирования уменьшилось на 7,5 и 15,5% от суммы жирных кислот, соответственно (P<0,001). При внесении 1/4N азота не наблюдалось каких-либо значительных изменений в качественном составе жирных кислот, основную массу занимали пальмитиновая и пальмитолеиновая кислоты – 23,3-28,5±3% и 52,8-62,3±5,9% от суммы ЖК, соответственно.

Анализ данных показал, что наиболее оптимальными условиями для синтеза липидов и ценных ПНЖК для МВ *Dictyochlorella globosa* являются выращивание на среде Фитцджеральда с нормальным содержанием азота в течение 10 суток; для *Pleurosigma sp*. выращивание на среде Фитцджеральда с уменьшенным вдвое содержанием азота в течение 5 суток;

Таким образом, на основании полученных данных можно заключить, что для двух перспективных МВ *Dictyochlorella globosa* и *Pleurosigma sp*. определены условия культивирования, повышающие содержание липидов и ПНЖК. Полученные результаты могут быть применены для получения высокоэффективных микроводорослевых препаратов липидов и ПНЖК, которые перспективны для использования при лечении атеросклероза, сердечно-сосудистых, онкологических, воспалительных и других заболеваний, в питании грудных детей, как биодобавки в различные антивозрастные крема, лечебные и косметические мази и т.д.

Таблица 2 – Жирнокислотный состав *Dictyochlorella globosa* в зависимости от концентрации азота в среде и времени культивирования,% от суммы жирных кислот, * P<0,001

ЖК	Контроль			Концентрация азота в среде								
	N-5	N-10	N-20	3/4N-5	3/4N-10	3/4N-20	1/2N-5	1/2N-10	1/2N-20	1/4N-5	1/4N-10	1/4N-20
C16:0	12,4±1,1	11,5±1,1	14,4±1,5	11,7±1,2	11,3±1,2	15,1±2,0	10,5±1,1	11,2±1,2	23,8±2,7	11,4±1,3	11,7±1,1	15,1±1,6
C16:1	8,5±1,0	10±1,0	7,6±0,8	8,5±1,0	9,4±1,0	14±1,4	8,5±0,9	9,2±1,0	12,1±1,4	9,3±1,0	11±1,1	14±1,8
C16:2n-6	1,3±0,1	1,7±0,2	2,9±0,4	1,5±0,2	2±0,2	2±0,2	1,5±0,2	1,8±0,2	2,3±0,3	1,9±0,1	1,9±0,2	2,1±0,2
C16:3n-3	6,9±0,7	7,9±0,8	10,3±1,2	6,7±0,8	9,7±0,9	6,3±0,7	5,9±0,6	9,1±1,0	7,3±0,8	6,4±0,5	8,9±0,9	7,2±0,7
C16:4n-3	5,6±0,6	8,1±0,9	5,4±0,5	8,2±0,8	5,8±0,6	4,1±0,5	6,3±0,6	5,9±0,6	3,3±0,4	6,6±0,7	5,6±0,6	3,8±0,4
C18:1	16,5±2,0	12,1±1,3	14±1,2	12±1,0	14,4±1,5	21,7±2,2	15,3±2,0	14±1,4	19,1±2,0	13±1,4	15,1±1,5	21,7±2,2
C18:2n-6	11,7±1,2	9,8±1,0	11,8±1,6	11,1±1,0	11,1±1,2	10,3±1,1	12,7±1,3	10,9±1,1	8,2±0,9	11,7±1,3	11,1±1,2	11,1±1,3
C18:3n-3	32,1±3,0	35,4±3,2	30,1±3,1	35±4,0	32,4±3,3	23±2,3*	31,8±3,1	33,5±3,3	20,3±2,0*	34,1±2,5	30,7±4,0	22,4±2,0*
C18:4n-3	3,1±0,3	2,8±0,3	2,9±0,4	2,8±0,3	2,7±0,3	2,3±0,2	3,4±0,3	2,8±0,3	2,1±0,2	2,8±0,3	2,5±0,3	2,1±0,2
C20:3n-3	1,9±0,1	0,7±0,1	0,6±0,1	2,5±0,3	1,2±0,1	1,2±0,2	4,1±0,5	1,6±0,2	1,5±0,2	2,8±0,3	1,5±0,2	0,5±0,1

Таблица 3 – Жирнокислотный состав *Pleurosigma sp.* в зависимости от концентрации азота в среде и времени культивирования,% от суммы жирных кислот, * P<0,001

Жирные кислоты	Контроль			Концентрация азота в среде								
	N-5	N-10	N-20	3/4N-5	3/4N-10	3/4N-20	1/2N-5	1/2N-10	1/2N-20	1/4N-5	1/4N-10	1/4N-20
C16:0	21±2,0	15,3±1,5	20,6±2,2	16,9±1,7	19,7±2,0	14,9±1,5	15,7±1,8	20,1±2,0	20,9±2,1	28,5±3,0	26,3±2,7	23,3±2,4
C16:1	46,2±5,0	49,5±5,1	20±2,0*	31,3±3,1	62,2±5,2	57±5,5*	27,6±3,0	53,7±5,2	59,6±5,8*	52,8±5,1	61,3±5,9	62,3±5,9*
C16:2n-6	3,3±0,3	3±0,3	0,8±0,1	4,1±0,4	1,9±0,2	1,2±0,1	5,6±0,6	2,5±0,3	1,3±0,1	1,2±0,1	1,4±0,1	1,3±0,1
C16:3n-3	4,6±0,5	4,7±0,5	2±0,2	7,1±0,7	2,2±0,2	1±0,1	11,5±1,2	2,3±0,2	1±0,1	1,5±0,2	1,2±0,1	1,2±0,1
C16:4n-3	н.о.	0,4±0,04	2±0,2	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,2±0,02	н.о.	н.о.	н.о.
C18:0	1,1±0,1	0,5±0,05	1,1±0,1	2,8±0,3	0,7±0,07	0,7±0,07	2,5±0,3	0,8±0,09	0,5±0,05	1,7±0,2	0,7±0,07	0,6±0,06
C18:1	1,5±0,2	1,4±0,1	32,7±3,3*	2,7±0,3	1,4±0,2	10,3±1,1	2,1±0,2	5,7±0,6	6,1±0,6	3,3±0,4	0,8±0,08	1,2±0,1
C18:2n-6	1,6±0,2	1,4±0,1	5,1±0,5	2,3±0,2	0,7±0,07	1,8±0,2	2,5±0,3	1,1±0,1	1,1±0,1	4±0,4	0,6±0,06	0,6±0,06
C18:3n-6	0,6±0,1	0,6±0,06	0,4±0,04	н.о.	0,9±0,09	0,6±0,06	н.о.	0,8±0,08	0,7±0,07	0,7±0,07	0,6±0,06	0,7±0,07
C18:3n-3	1±0,1	2,3±0,2	8,2±0,9	1,9±0,2	0,6±0,06	2,3±0,2	2,2±0,2	1,2±0,1	1,1±0,1	0,3±0,03	0,2±0,02	0,3±0,03
C18:4n-3	0,1±0,01	0,2±0,02	1,3±0,1	11,5±1,2	0,1±0,01	н.о.	н.о.	0,1±0,01	0,2±0,02	н.о.	н.о.	0,1±0,01
C20:4n-6	10,4±1,1	12,2±1,3	3,6±0,4*	7,7±0,8	4,6±0,5	5,4±0,6	12±2,0	6,9±0,7	4,5±0,5*	3,3±0,4	3,9±0,4	5±0,6
C20:5n-3	8,6±0,9	8,5±1,0	2,2±0,2*	11,7±1,2	5±0,6	4,8±0,5*	18,3±2,1	4,8±0,5	2,8±0,3*	2,7±0,3	3±0,3	3,4±0,4
Примечание: н.о. – не обнаружено.												

Литература

1 Li Y, Horsman M, Wu N, Lan CQ (2008) Biofuels from Microalgae, Biotechnol. Prog, 24(04): 815-817. DOI: 10.1021/bp070371k

2 Adesina AJ (2012) Classification, Biosynthesis and health implications of n-3 and n-6 PUFAs, J Pharm Biomed Sci, 20(08):1-12

3 Nazarov PE, Myagkova GI, Groza NV (2009) Polyunsaturated fatty acids as universal endogenic bioregulators, Bulletin of MSUTCT, 49(5):3-19

4 Ziboh VA (2000) Metabolism of polyunsaturated fatty acids by skin epidermal enzymes: generation of antiinflammatory and antiproliferative metabolites, Am J Clin Nutr, 71(1):361- 366

5 Simopoulos AP (2004) The traditional diet of Greece and cancer, Eur J Cancer Prev, 13(3):219-230

6 Kumar J, Banerjee R (2013) Optimization of lipid enriched biomass production from oleaginous fungus using response surface methodology, Indian J Exp Biol, 51:979-983

7 Dunstan GA, Volkman JK, Jeffrey SW (1992) Biochemical composition of microalgae from the green algal classes Chlorophyceae and Prasinophyceae. 2. Lipid classes and fatty acids, J. Exp. Marine Biol. Ecol, 161(1): 115-134. DOI: 10.1016/0022-0981(92)90193-E

8 Mata TM (2010) Microalgae for biodiesel production and other applications: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14: 217-232.

9 Pedersen TA (1961) Lipid formation in Cryptococcus terricolus. Nitrogen nutrition and lipid formation, Acta Chem. Scand, 15:651-662.

10 Karpenyuk TA, Orazova SB, Dzhokebaeva SA, Goncharova AV, Tsurkan YS, Kalbaeva AM (2013) Analysis of microalgae lipids isolated from Basin of Kazakhstan, to assess the prospects of practical use, World Acad. Sci. Eng. Technol, 79:1719-1721.

11 Kates M (1986): Techniques of Lipidology: Isolation, Analysis, and Identification of Lipids. Volume 3. New York: Elsevier Science Publishing Company: 1986:422.

12 Garbus J, Deluca HF, Loomans ME, Strong FM (1963) Rapid incorporation of phosphate into mitochondrial lipids. J Biol Chem: 238:59-63.

13 Christie WW (2003) Lipid analysis. Isolation, separation, identification and structural analysis of lipids. Bridgwater: The Oily Press (UK). P.416.

14 Masato B, Yoshihiro S (2011) Biosynthesis of Lipids and Hydrocarbons in Algae, Basic life sciences: 4:5-8

15 Guschina IA, Harwood JL (2006) Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae, Prog. Lipid Res, 45:160–186. DOI: 10.1016/j.plipres.2006.01.001

16 Greenwell HC, Laurens ML, Shields RJ, Lovitt RW, Flynn KJ (2010) Placing microalgae on the biofuels priority list: a review of the technological challenges, J R Soc Interface, 7(46):703–726. DOI: doi: 10.1098/rsif.2009.0322

Джакашева М.А.,
Кедельбаев Б.Ш., Есимова А.М.

Южно-Казахстанский
государственный университет
им. М. Ауезова, Казахстан, Шымкент

Иммобилизация клеток мицелиального гриба – продуцента пектолитических ферментов

Одним из наиболее эффективных подходов к получению и стабилизации ферментов, а также повышению их экономической привлекательностиявляетсяиммобилизациясиспользованиемнерастворимых носителей. Для получения высокопродуктивного иммобилизованного биокатализатора на основе клеток мицелиального гриба Aspergillus awamori 56-2-53-85-375, способного в иммобилизованном состоянии секретировать внеклеточные пектиназы в течение длительного времени культивирования, технологически проработан и апробирован метод иммобилизации клеток в криогель поливинилового спирта. Данный носитель представляет собой макропористый вязкоупругий гелевый материал, полученный в результате криогенной обработки, т.е. после замораживания – выдерживания в замороженном состоянии - оттаивания водных растворов данного полимера. Приготовленный таким образом высокоактивный иммобилизованный биокатализатор на основе криогеля поливинилового спирта характеризуется длительным и стабильным биосинтезом комплекса пектолитических ферментов без нарушения технологического режима. Уровень суммарно накапливающейся пектолитической активности разработанного иммобилизованного биокатализатора превышал в 3,5 раза уровень штамма A. awamori 56-2-53-85-375, полученного в результате многоступенчатой селекции, используемого без иммобилизации. Таким образом, полученные пектолитические ферменты можно не подвергать очистке и активации, а в нативном виде использовать в виноделии.

Ключевые слова: Иммобилизованные клетки, мицелиальный гриб, биокатализатор, пектолитические ферменты, криогель поливинилового спирта.

Dzhakasheva M.A.,
Kedelbayev B.Sh., Esimova A.M.

M. Auezov,s South-Kazakhstan state
university, Kazakhstan, Shymkent

Immobilization of cells of filamentous fungi – producer pectolytic enzymes

One of the most effective approaches to the enzymes' preparation and stabilization, as well as increase in their economic attraction is immobilization using insoluble carriers. A method of the cell immobilization into a cryogel of polyvinyl alcohol has been technologically studied and approved to produce a high-productive immobilized biocatalyst on the basis of filamentous fungus cells Aspergillus awamori 56-2-53-85-375, able in the immobilized state to secrete extracellular pectinases during long culture period. This carrier is a macroporous visco-elastic gel material, obtained in a result of cryogenic treatment, i.e. after freezing – frozen conditioning – melting of the polymer's water solutions. Prepared in a such manner highly active immobilized biocatalyst on the basis of polyvinyl alcohol cryogel is characterized by long and stable biosynthesis of the pectolytic enzyme complex without loss of technological mode. Summarily accumulative pectolytic activity level of the developed immobilized biocatalyst exceeded in 3,5 times the level of A. awamori 56-2-53-85-375 strain, obtained in a result of many-staged selection used without immobilization. Thus, there is no need to clean and activate the obtained pectolytic enzymes, they can be used in a native view in the wine industry.

Key words: Immobilized cells, filamentous fungi, biocatalyst, pectolytic enzyme, polyvinyl alcohol cryogel.

Джакашева М.А.,
Кедельбаев Б.Ш., Есимова А.М.

М. Әуезов атындағы Оңтүстік
Қазақстан мемлекеттік университеті,
Қазақстан, Шымкент

Пектолитикалық ферменттердің мицелиалы саңырауқұлақ продуценті жасушасының иммобилизациясы

Перспективными продуцентами полиненасыщенных жирных кислот считаются микроорганизмы, в связи с их высокой скоростью роста на простых средах, возможностью накопления большого количества липидов и полиненасыщенных жирных кислот, а также возможностью манипулировать их метаболизмом.В работе было изучено содержание липидов и жирнокислотный состав мицелиальных грибов, дрожжей и бактерий, выделенных из воды и почв Казахстана. Было показано, что исследуемые микроорганизмы содержат от 4,3±0,4 до 15,1±1,5% липидов от сухой массы, а также содержат практически значимые полиненасыщенные жирные кислоты: линолевую, α- и γ-линоленовые, эйкозапентаеновую. В качестве перспективных продуцентов липидов и ценных полиненасыщенных жирных кислот были отобраны мицелиальные грибы Petromyces alliaceus, Mucor circinelloides и дрожжи Auerobasidium commune, Yarrowia lipolytica.

Түйін сөздер: Иммобилизденген жасушалар, мицелиалы саңырауқұлақ, биокатализатор, пектолитикалық фермент, поливинилді спирттінің криогелі.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 663.15

***Джакашева М.А., Кедельбаев Б.Ш., Есимова А.М.**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова,
Республика Казахстан, г. Шымкент
*E-mail: Dzhakasheva_m@mail.ru

ИММОБИЛИЗАЦИЯ КЛЕТОК МИЦЕЛИАЛЬНОГО ГРИБА – ПРОДУЦЕНТА ПЕКТОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ

Введение

Пектолитические ферменты составляют уникальную группу ферментов гидролитического действия, которые катализируют деградацию пектиновых полимеров [1]. Производство пектолитических ферментов составляет около 10% всего мирового производства ферментных препаратов [2].

Одним из определяющих направлений регуляции каталитической активности ферментов является иммобилизация фермента на различных органических и неорганических носителях, как природных, так и синтетических. Такой способ универсален, поскольку отличается простотой применяемых методик, обеспечивает равномерное распределение фермента в объеме носителя и получение стабильных, хорошо воспроизводимых по аналитическим характеристикам иммобилизованных препаратов. Кроме того, закрепление ферментов на твердых носителях позволяет значительно улучшить механические свойства ферментных препаратов [3]. Также биокаталитические системы на основе иммобилизованных клеток (ИмК) обладают повышенной устойчивостью к воздействию негативных факторов (pH, температуры, компонентов среды культивирования, и др.) и длительным сохранением метаболической активности при их многократном использовании в биотехнологических процессах при отсутствии заметного лизиса клеток [4]. Анализ литературных данных свидетельствует об изменении биохимического статуса разных ИмК в сравнении со свободными, выражающемся в увеличении уровня синтеза ферментов основного метаболизма в 2-3,5 раза. В основе изменения характеристик ИмК в сравнении со свободными клетками лежит именно создаваемая в интересах биотехнологических процессов их высокая концентрация в образцах гетерогенных биокатализаторов и в объемах реакторов [5].

В качестве носителей для иммобилизации ферментов широко используют как органические полимеры, так и неорганические материалы. К носителям предъявляются определённые требования: они должны быть нерастворимы в реакционной среде, обладать химической, биологической стойкостью, механической прочностью, не вызывать неспецифической адсорб-

ции и сильных конформационных изменений молекулы белка, легко гранулироваться и активироваться [6].

Перспективными носителями для иммобилизованных ферментов являются криогели поливинилового спирта – макропористые вязкоупругие полимерные гелевые материалы, получаемые в результате криогенной обработки, то есть после замораживания – выдерживания в замороженном состоянии – оттаивания водных растворов данного полимера. Поливиниловый спирт (ПВС) доступен, является продуктом крупнотоннажного синтеза, каждая его марка стандартизована. Благодаря высокой прочности, выраженной пористости, биосовместимости и стабильности в биологических средах криогели ПВС нашли широкое применение в различных областях биотехнологии [4].

Целью наших исследований является получение высокопродуктивного иммобилизованного биокатализатора на основе клеток мицелиальных грибов, способных в иммобилизованном состоянии секретировать внеклеточные пектиназы в течение длительного времени культивирования без нарушения технологического режима.

Материалы и методы исследований

Культура мицелиального гриба *Aspergillus awamori* 56-2-53-85-375 получена в результате многоступенчатой селекции и мутагенеза на кафедре биотехнологии ЮКГУ им. М. Ауэзова, она поддерживается на скошенном сусло-агаре при 4^{o}С [7].

Активность пектолитического комплекса ферментов определяли по методике действующего ГОСТ 20264.3-81. Определение удельной активности ферментов рассчитывали как отношение активности раствора (ед/мл) к общему содержанию белка (мг/мл). За единицу пектолитической активности принимали количество фермента, которое катализирует гидролиз 1 г пектина до продуктов, не осаждаемых сернокислым цинком при проведении гидролиза в строго определенных условиях: t-30^{o} С, τ=1 ч, pH 4; соотношение фермент-субстрат в реакционной среде, обеспечивающее гидролиз 30%-ного пектина, взятого на реакцию. Потери активности ферментных растворов рассчитывали по отношению разности между исходной и конечной активностью пектиназы к исходной ее величине и выражали в процентах. Содержание белка определяли по методу Лоури [8].

Иммобилизацию клеток штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375 проводили по методу [5], в котором в качестве носителя ИмК использовали криогель поливинилового спирта (ПВС). С этой целью использовали 2-х суточную культуру грибов, которую вводили при формировании криогеля ПВС после чего тщательно перемешивали до получения однородной массы и гранулировали по методу [6]. Данный носитель представляет собой макропористый вязкоупругий гелевый материал, полученный в результате криогенной обработки, т.е. после замораживания – выдерживания в замороженном состоянии – оттаивания водных растворов данного полимера. Замораживание осуществляли при температуре не ниже, чем несколько десятков градусов от точки замерзания чистого растворителя. Образующийся криогель имел макропористую (от 0,1 до 10 мкм) структуру с взаимосвязанными порами. После иммобилизации препарат культивировали в жидкой питательной среде для преимущественного биосинтеза комплекса пектолитических ферментов.

Процесс культивирования осуществляли глубинным способом в конусообразных колбах Эрленмейера объемом 250 мл на термостатированной качалке (220 об/мин) при температуре 30^{o}С с pH 3,2 в течение 84 ч. Питательная среда имела следующий состав, %: свекловичный жом : виноградные выжимки: хлопковые створки (1:1:1) – 3, лактоза – 0,125, солодовые ростки : экстракт из мицелия (1:1) – 1%, $(NH_4)_2SO_4$ – 0,5, KH_2PO_4 – 0,2, $MgSO_4$–0,1

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили стандартными методы вариационной статистики. Статистическую оценку достоверности результатов проводили по общепринятым методам с использованием компьютерных прикладных программ «MathCAD» и «Statistica». Достоверность полученных результатов обеспечивается корректным набором экспериментально-измерительных средств и методов обработки экспериментальных результатов. Примененная в исследовании аппаратура откалибрована по эталонам.

Результаты и их обсуждение

Ранее в лаборатории кафедры «Биотехнология» ЮКГУ им. М. Ауэзова в результате многоступенчатой селекции был получен штамм-продуцент *A. awamori* 56-2-53-85-375, который синтезировал пектиназу с активностью 2,1 ед/ мл [7].

Для иммобилизации клеток мицелиального гриба *A. awamori* 56-2-53-85-375 в криогель ПВС были проведены исследования влияния концентрации гелеобразующего полимера и концентрация клеток мицелиального гриба *A. awamori* 56-2-53-85-375 на процесс формирования биокатализатора (таблица 1, 2).

В результате экспериментов установлено, что при концентрации ПВС 60 г/л ухудшаются не только физико-механические свойства данного полимера, но и из-за увеличения среднего сечения пор (более 5,0 мкм) происходит прорастание гиф за пределы носителя, что приводит к частичному их отрыву при перемешивании частиц иммобилизованного биокатализатора и загрязнению культуральной среды. При концентрации ПВС более 120 г/л наблюдается угнетение развития биомассы из-за затрудненной диффузии субстратов и продуктов, вызванной маленьким сечением пор (меньше 0,5 мкм), что приводит к меньшему продуцированию пектиназ.

Таблица 1 – Характеристики формирования биокатализатора на основе иммобилизованного в криогель ПВС штамма A. awamori 56-2-53-85-375 в зависимости от концентрации ПВС

Концентрация ПВС, г/л	Основные характеристики			
	Удельная скорость роста мицелия, $ч^{-1}$	Концентрация биомассы, г/л	Удельная активность, ед/мг им. биомассы	ПкС, ед/мл
60	0,36	8,1	385	6,2
80	0,37	8,1	411	6,6
100	0,38	8,2	465	6,9
120	0,36	8,0	430	6,8
140	0,14	4,4	277	5,0

Таблица 2 – Характеристики формирования биокатализатора на основе иммобилизованного в криогель ПВС штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375 в зависимости от концентрации клеток

Концентрация клеток, мл/л	Основные характеристики			
	Удельная скорость роста мицелия, $ч^{-1}$	Концентрация биомассы, г/л	Удельная активность, ед/мг им. биомассы	ПкС, ед/мл
0,2	0,36	8,1	385	3,2
0,4	0,37	8,1	411	5,3
0,6	0,38	8,2	465	7,0
0,8	0,36	8,1	430	7,4
1,0	0,35	7,9	277	7,3

Кроме того было установлено равномерное прорастание мицелия по всему объему гранул криогеля ПВС и за счет увеличения плотности упаковки мицелия внутри гранул снижена их влажность с 90% до 80%. Также отмечено увеличение размеров и массы гранул ГБК благодаря высокой скорости роста мицелия. При концентрации клеток мицелиального гриба *A. awamori* 56-2-53-85-375 меньше 0,5 мл/л биокатализатор обладает заметно меньшей пектолитической активностью, а при концентрации более 0,8 ед/мл наблюдается неполное включение всех клеток, введенных в криогель ПВС при формировании биокатализатора, что приводит к частичному их вымыванию при помещении полученных гранул в культуральной жидкости (КЖ). Наибольший синтез пектиназ (7,4 ед/мл) отмечен при концентрации клеток мицелиального гриба 0,8 ед/мл.

На рисунке 1 и 2 показаны влияние концентрации гранул биокатализатора и длительность процесса на максимальный биосинтез внеклеточных пектиназ ИмК штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375 при культивировании в жидкой питательной среде. Установлено, что при ис-

пользовании биокатализатора максимальная средняя продуктивность процесса по пектолитической активности составила 1,50 Ед. мл$^{-1}$ ч$^{-1}$, а максимальная пектолитическая активность, суммарно накапливающаяся в среде за все время ферментации (600 ч), достигла 7,35 ед/ мл.

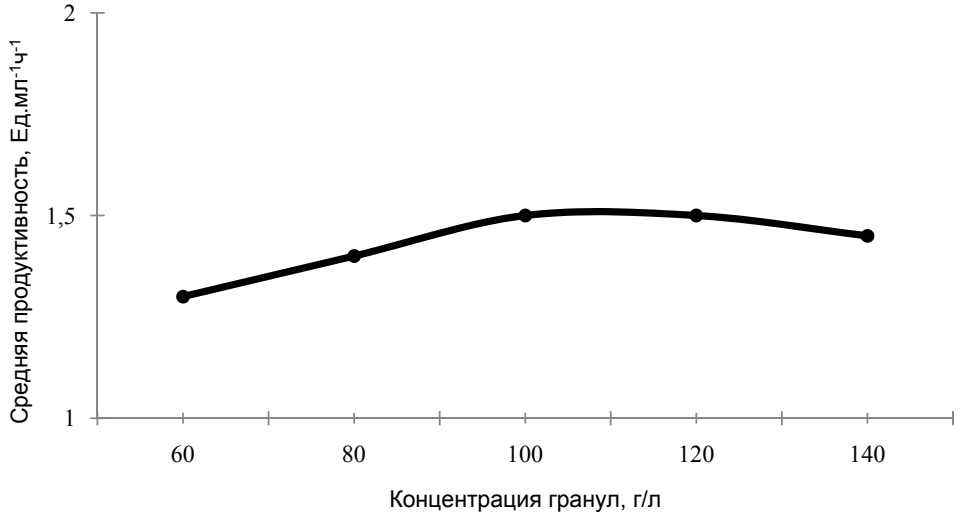


Рисунок 1 – Влияние концентрации гранул биокатализатора на рост и синтез пектиназ иммобилизованного в криогель ПВС штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375

Из данных рис. 1 видно, что максимальная средняя продуктивность процесса по пектолитической активности составляет 1,5 Ед. мл$^{-1}$ ч$^{-1}$ при концентрации гранул 100-120 г/л, и поскольку дальнейшее повышение содержания гранул в объеме КЖ не приводит к повышению продуктивности, то в качестве оптимальной концентрации мы выбрали 100 г/л.

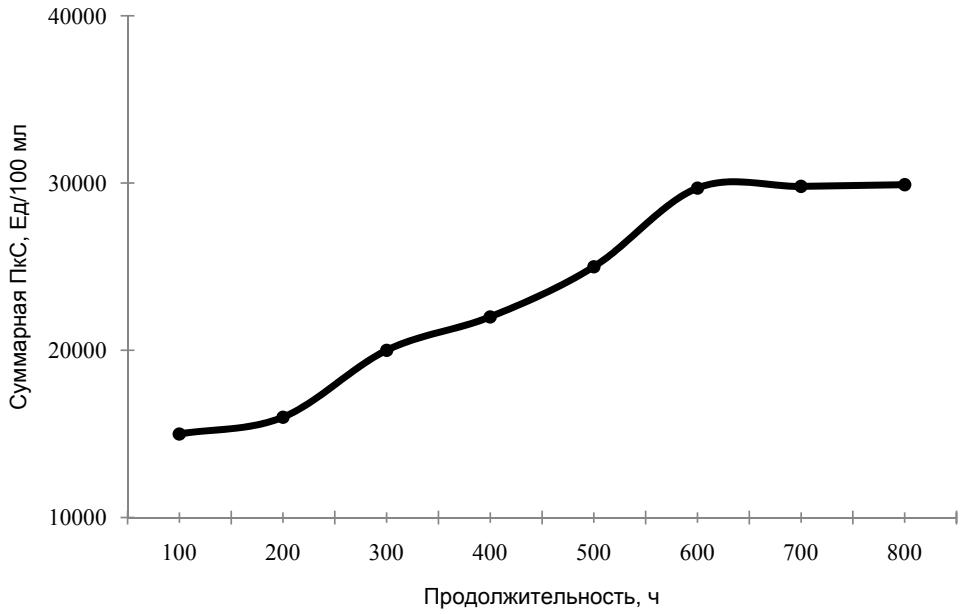
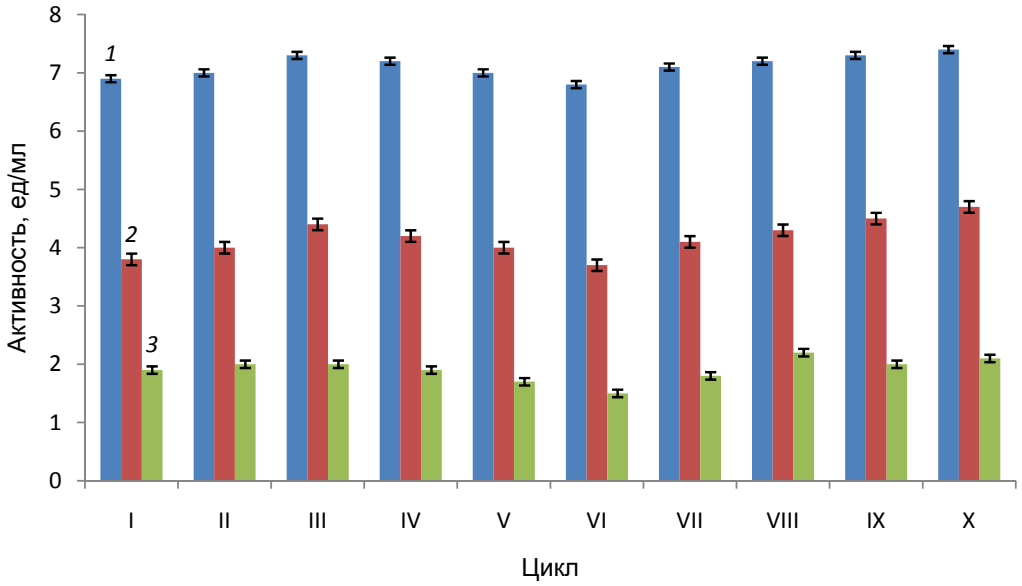


Рисунок 2 – Влияние длительности культивирования клеток штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375 в иммобилизованном состоянии

Экспериментально установлено (рис.2), что максимальная пектолитическая активность, суммарно накапливающаяся в среде за все время ферментации (600 ч), достигает 7,35 ед/мл.

Приготовленный таким образом высокоактивный иммобилизованный биокатализатор на основе криогеля ПВС в концентрации 120 г/л, содержащий клетки штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375 в концентрации 0,8 ед/мл характеризуется длительным и стабильным биосинтезом комплекса пектолитических ферментов (рис. 2, 3). Уровень суммарно накапливающейся пектолитической активности разработанного иммобилизованного биокатализатора превышал в 3,5 раза уровень штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375, полученного в результате многоступенчатой селекции, используемого без иммобилизации.



Обозначения, активность ферментов, ед/мл: 1- ПкС; 2 – ПгС; 3 – ПэС

Рисунок 3 –Комплекс пектолитической активности, накапливающейся в среде при многократном использовании иммобилизованного штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375 в криогеле ПВС

В таблице 3 представлена хроматограмма, полученная при фракционировании внеклеточных пектиназ. Сравнительный анализ ферментативных комплексов, проводимый путем хроматографического разделения белков с пектолитической активностью, при использовании растворов NaCl в градиенте 0-0,07 М NaCl, свидетельствует об изменении биохимического статуса разработанного иммобилизованного биокатализатора.

Таблица 3 – *Фракционирование КЖ с пектолитической активностью свободных и иммобилизованных клеток штамма A. awamori* 56-2-53-85-375

Фракция, М NaCl	ПкС, ед/мл		ПгС, ед/мл		ПэС, ед/мл		Белок, мг/мл	
	ИмК	СвК	ИмК	СвК	ИмК	СвК	ИмК	СвК
0,01	2,4	1,5	1,7	0,1	0,5	-	1,2	0,98
0,03	3,4	1,6	1,7	0,2	0,7	-	1,3	-
0,04	3,5	1,6	2,0	0,2	0,7	-	1,4	0,95
0,045	4,0	1,5	2,9	0,4	1,1	0,1	1,5	-

Продолжение таблицы 3

Фракция, М NaCl	ПкС, ед/мл		ПгС, ед/мл		ПэС, ед/мл		Белок, мг/мл	
	ИмК	СвК	ИмК	СвК	ИмК	СвК	ИмК	СвК
0,05	3,8	1,7	2,2	0,3	0,8	0,1	1,3	0,94
0,06	4,2	-	2,7	-	1,0	-	1,6	-
0,07	7,6	2,0	4,4	0,8	2,2	0,4	2,5	0,93

Иммобилизованные клетки штамма *A. awamori* 56-2-53-85-375 обладают более высокой общей пектиназной активностью и полигалактуроназной активностью, что благоприятно для технологии получения красных вин.

Заключение

Достоинства метода иммобилизации на основе криогеля ПВС заключаются в том, что ПВС не оказывает негативного влияния на биосинтез пектолитических ферментов иммобилизованных клеток, а напротив, повышает их жизнеспособность и ферментативную активность благодаря пористой структуре матрицы данного носителя (сечение пор 0,5-1.2 мкм), которая обеспечивает легкую диффузию компонентов питательной среды и продуктов метаболизма. Кроме того, криогель ПВС является вязкоупругим нехрупким материалом, который практически не подвергается абразивному износу, обладает хорошими эксплуатационными характеристиками в течение длительного времени культивирования (до 600 ч) и способен принять любую форму гранул, подходящую для различных реакторов с разными режимами работы. Как результат, разработанный биокатализатор, обладающий существенно улучшенной средней продуктивностью процесса по пектолитической активности (7,35 ед/мл), поэтому полученные пектолитические ферменты можно не подвергать очистке и активации, а в нативном виде использовать в виноделии.

Литература

1 Донцов А.Г., Шубаков А.А. Пектинолитические ферменты: очистка, активация, микробиологический синтез. – Екатеринбург: УрО РАН, 2010, – 163 с.

2 Донцов А.Г., Попейко О.В., Артеева А.В. Получение пектинолитического ферментного препарата для структурно-химических исследований полисахаридов: Материалы всероссийского семинара. – Барнаул, 2002. – С. 162-165

3 Солдатова Л.С. Бабич О.О. Повышение каталитической активности и стабильности химотрипсина за счет ковалентной иммобилизации на магнитных наночастицах Fe_3O_4 // Техника и технология пищевых производств. 2010, – №1 (16), -С. 512-519.

4 Шаскольский Б.Л. Композитные иммобилизованные биокатализаторы с частицами ферментных препаратов, включенных в матрицу криогеля поливинилового спирта. – Москва: автореф. на соис. уч.ст. конд. хим. наук, 2009. – 22 с.

5 Ефременко Е.Н., Сенько О.В., Спиричева О.В., Варфоломеев С.Д., Шаскольский Б.Л., Лозинский В.И. Иммобилизованный биокатализатор для микробиологического получения пектиназ: Патент №2383618, Россия, МПК 2008127557/13. Заяв. 09.07.2008. Опубл. 10.03.2010.

6 Лозинский В.И.; Зубов А.Л. Устройство для формирования гранул: Патент № 2104866, Россия, МПК B29B9/10, B01J2/02. Заяв. 02.09.1996. Опубл. 20.02.1998.

7 Dzhakasheva M.A., KedelbayevB.S. Getting the active strain of Aspergillus awamori – pectinase produser. International journal of applied and fundamental research. 2014; 11(4): 593-597.

8 Lowry O.H., Roserbrough N.J., Fan A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent . J. Biol. Chem. 1951. V. 193: 265-275.

References

1 Doncov A.G., Shubakov A.A. (2010) Pectolytic enzymes: cleaning, activating, microbiological synthesis. [Pectinoliticheskiye fermenty: ochistka, aktivaciya, microbiologichesky sintez.] Ekaterinburg. UrORAN: 163. (In Russian)

2 Doncov A.G., Popeiko O.V., Arteyeva A.V. (2002) Getting pectinolytic enzyme preparation for structural and chemical studies of polysaccharides: Proceedings of the seminar. [Polucheniye pectinoliticheskogo fermentnogo preparata dlya structurnohimicheskih issledovany polisaharidov: materialy vserossyskogo seminara.] Barnaul: 162-165. (In Russian)

3 Soldatova L.S. Babich O.O. (2010) Increased catalytic activity and stability of chymotrypsin by covalent immobilization on magnetic nanoparticles Fe3O4. Engineering and technology of food production.[Povysheniye kataliticheskoy aktivnosti I stabilnosti himotripsina za schet kovalentnoy immobilizacii na magnitnyh nanochasticah Fe3O4. Tehnika I tehnologiya pichshevyh proizvodstv.] №1 (16):512-519. (In Russian)

4 Shaskolsky B.L. (2009) Composite particles with immobilized biocatalysts enzyme preparations in cryogel matrix of polyvinyl alcohol.[Kompozitnie immobilizovannie biokatalizatory s chasticami fermentnyh preparatov, vkluchennyh v matricu kriogelya polivinilovogo spirta] Moscow: Avtoref. soisk. kond. ch.science, : 22. (In Russian)

5 Efremenko E.N., Senko O.V., Spiricheva O.V., Varfolomeev S.D., Shaskolsky B.L. Lozinsky V.I. Immobilized biocatalyst for producing microbial pectinases. [Immobolizovanny biokatalizator dlya microbiologicheskogo polucheniya pectinaz] Patent №2383618, Russia, IPC 2008127557/13. Claim. 09.07.2008. Publ. 10.03.2010. (In Russian)

6 Lozinsky V.I. Zubov A.L. An apparatus for forming granules. [Ustroystvo dlya formirovaniya granul] Patent number 2104866, Russia, IPC B29B9 / 10, B01J2 / 02. Claim. 02.09.1996. Publ. 20.02.1998. (In Russian)

7 Dzhakasheva M.A., KedelbayevB.S. Getting the active strain of Aspergillus awamori – pectinase produser. International journal of applied and fundamental research. 2014; 11(4): 593-597.

8 Lowry O.H., Roserbrough N.J., Fan A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent . J. Biol. Chem. 1951. V. 193: 265-275.

Жазыкбаева С.С.,
Туфуминова Я.С.,
Гончарова А.В., Карпенюк Т.А.

Казахский национальный университет
им. аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Селекция микроорганизмов, содержащих практически значимые полиненасыщенные жирные кислоты

Перспективными продуцентами полиненасыщенных жирных кислот считаются микроорганизмы, в связи с их высокой скоростью роста на простых средах, возможностью накопления большого количества липидов и полиненасыщенных жирных кислот, а также возможностью манипулировать их метаболизмом.В работе было изучено содержание липидов и жирнокислотный состав мицелиальных грибов, дрожжей и бактерий, выделенных из воды и почв Казахстана. Было показано, что исследуемые микроорганизмы содержат от 4,3±0,4 до 15,1±1,5% липидов от сухой массы, а также содержат практически значимые полиненасыщенные жирные кислоты: линолевую, α- и γ-линоленовые, эйкозапентаеновую. В качестве перспективных продуцентов липидов и ценных полиненасыщенных жирных кислот были отобраны мицелиальные грибы Petromyces alliaceus, Mucor circinelloides и дрожжи Auerobasidium commune, Yarrowia lipolytica. Они могут быть рекомендованы для разработки технологии получения препаратов практически значимых полиненасыщенных жирных кислот.

Ключевые слова: микроорганизмы, полиненасыщенные жирные кислоты, жирнокислотный состав, газовая хроматография, продуценты.

Zhazykbayeva S.S.,
Tufuminova Y.S.,
Goncharova A.V., Karpenyuk T.A.

Al-Farabi Kazakh national university,
Kazakhstan, Almaty

Selection of microorganisms containing valuable polyunsaturated fatty acids

Currently, the sources for obtaining polyunsaturated fatty acid, used vegetable oil and seafood. But due to the decrease of fish stocks suitable for planting land, the actual problem is the search for new alternative sources of polyunsaturated fatty acids. Prospective producers are considered to be microorganisms because of their high growth rate on simple media, the possibility of accumulation of large amounts of lipids and polyunsaturated fatty acids, as well as the ability to manipulate their metabolism. In this work was studied the lipid content and fatty acid composition of microscopic fungi, yeasts and bacteria isolated from freshwater and soil of Kazakhstan. It was shown that the investigated microorganisms contain lipids from 4,3±0,4 to 15,1±1,5% from the dry weight and contain practically important polyunsaturated fatty acids: linoleic, α-and γ-linolenic and eicosapentaenoic. Promising as producers of valuable lipids and polyunsaturated fatty acids were selected microscopic fungi Petromyces alliaceus, Mucor circinelloides and yeast Auerobasidium commune, Yarrowia lipolytica. They can be recommended to develop the technology of obtaining practically important preparations of polyunsaturated fatty acids.

Key words: microorganisms, polyunsaturated fatty acids, fatty acid composition, gas chromatography, producers.

Жазыкбаева С.С.,
Туфуминова Я.С.,
Гончарова А.В., Карпенюк Т.А.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университеті, Қазақстан, Алматы

Практикалық маңызды полиқанықпаған май қышқылдары бар микроорганизмдерді селекциялау

Қазіргі кезде полиқанықпаған май қышқылдарының көзі ретінде өсімдік шикізаты мен теңіз өнімдері қолданылады. Алайда балық қоры, өсімдіктерді егетін жерлердің азайғандықтан, жаңа полиқанықпаған май қышқылдарының көздерін табу өзекті мәселе болып табылады. Қарапайым қоректік орталарда жоғары өсу жылдамдылығы, липид және жеке полиқанықпаған май қышқылдарының түрлерін көп мөлшерде жинақтау мүмкіндігі және сондай-ақ олардың метаболизмдерімен басқару мүмкіндіктеріне байланысты липидтер және полиқанықпаған май қышқылдарының перспективті өндірушілері ретінде микроорганизмдер болып табылады. Жұмыста Қазақстанның суы мен топырағынан алынған мицелиалды саныраукұлақтар, ашытқылар және бактериялардың липидтік және май қышқыл құрамы зерттелді. Зерттелген микроорганизмдердің құрғақ салмағынан 4,3 тен 15,1% липидтер құрайды, сонымен қатар құрамында практикалық маңызы зор полиқанықпаған май қышқылдар: линол, α- және γ-линолен, эйкозопентаен екені бар екені анықталды. Липидтер және полиқанықпаған май қышқылдарының перспективті продуценттер ретінде мицелиялықсанырауқұлақтар Petromyces alliaceu, Mucor circinelloides, Rhodotorula mucilaginose, ашытқылары Auerobasidium commune, Yarrowia lipolytica бөлініп алынды. Олар практикалық маңызы зор полиқанықпаған май қышқылдар препараттарын алу технологиясында ұсынылуы мүмкін.

Түйін сөздер: микроорганизмдер, полиқанықпаған май қышқылдар, май қышқылдық құрам, газдық хроматография, продуценттер.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 582.263

***Жазыкбаева С.С., Туфуминова Я.С., Гончарова А.В., Карпенюк Т.А.**

Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы
*E-mail: suni_92@mail.ru

СЕЛЕКЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПРАКТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

Введение

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) – длинноцепочечные жирные кислоты, содержащие две и более двойных связей, в настоящее время привлекают к себе все более пристальное внимание ввиду их большой физиологической, промышленной и фармацевтической значимости.

ПНЖК алифатического ряда принадлежит одно из важных мест среди природных биологически активных соединений. Особое значение среди них имеют полиеновые кислоты ряда С:18 – *цис* – 9,12-октадекадиеновая (α-линоленовая кислота), *цис* – 6,9,12 октадекатриеновая (γ-линоленовая) и ряда С:20 – *цис*-8,11,14-эйкозатриеновая (дигомо-γ-линоленовая), *цис*-5,8,11,14-эйкозатетраеновая (арахидоновая), *цис*-5,8,11,14,17-эйкозапентаеновая. Они являются не только структурными компонентами липидов клеточных мембран, липопротеидных комплексов головного и спинного мозга, сердца, печени и других органов, но и предшественниками целого ряда биологически важных метаболитов – простагландинов, циклопентенонов, простациклинов, тромбоксанов, лейкотриенов, липоксинов, гепоксилинов [1].

Недостаточный уровень производства ПНЖК и значительный спрос на них привели в конечном итоге к поиску альтернативных биоресурсов их получения.

Альтернативным путем для коммерческого получения ПНЖК является использование уникальных биосинтетических возможностей микроорганизмов, способных синтезировать полный набор ПНЖК.

Микроорганизмы являются весьма перспективными продуцентами липидов и их компонентов (таких как ПНЖК) в связи с их высокой скоростью роста на простых средах и возможностью манипулировать их метаболизмом. В последние два десятилетия достигнуты определенные успехи в области биотехнологического получения ПНЖК с помощью низших грибов и морских водорослей. Однако, существующие на сегодняшний день биотехнологии получения ПНЖК далеко несовершенны [2].

Для развития эффективного микробиологического производства липидов и ПНЖК, особое внимание следует уделять

условиям культивирования микроорганизмов. Варьирование условий культивирования приводит к улучшению ростовых характеристик микроорганизмов, а также стимуляции биосинтетических процессов [3].

Мицелиальные грибы изучаются многими исследователями в качестве производителей липидов и ПНЖК. Среди них выделены представители родов *Cunninghamella, Mortierella, Cryptococcus*, *Mucor*, *Aspergillus, Humicola* и другие, синтезирующие до 86% липидов от веса сухой биомассы. Однако, при одинаковых условиях культивирования содержание липидов у представителей грибов сильно варьирует. Так, у штаммов *M. elasson* и *M. simplex* содержится 1% липидов по сухому весу, а у *M. isabellina* NRRL 1757 – до 37% от сухой биомассы. Мутантный штамм *M. alpina Peyronel БС-2* может накапливать 45-55% липидов в пересчете на сухое вещество [4]. Микромицеты являются одними из самых перспективных продуцентов ПНЖК [5]. Среди них в настоящее время используются представители родов *Mortierella*, *Mucor, Cunninghamella* и *Absidia.* В промышленности налажено производство γ – линоленовой кислоты с помощью гриба *Mucor* и арахидоновой и эйкозопентаеновой кислот с помощью гриба *Mortierella*. Так, *Mucor* синтезирует до 20% γ – линоленовой кислоты, а *Mortierella* может производить до 35% арахидоновой и до 30% эйкозапентаеновой кислот от суммы жирных кислот, в зависимости от условий культивирования [4, 5].

Дрожжи были первыми микроорганизмами, признанными в качестве продуцентов липидов. Большинство идентифицированных олеогенных дрожжей принадлежат к базидиомицетам, но некоторые перспективные виды относятся к аскомицетам (например, *Yarrowiya lipilytica* и *Debaymyces hansenii*). Среди изученных дрожжей, накапливающих высокое количество липидов (20-72%) можно отметить представителей родов *Rhodotorula*, *Lipomyces*, *Yarrowia, Cryptococcus*, *Candida*, *Rhodosporodium, Trichosporon* [5]. Основной недостаток дрожжевых липидов состоит в том, что в их составе нет длинноцепочечных ПНЖК, основную массу занимают пальмитиновая и олеиновая кислоты (более 70%), среди ПНЖК отмечаются только линолевая в количестве до 15% и α – линоленовая кислоты – до 5% от суммы жирных кислот [5]. Поэтому усилия исследователей направлены на манипуляции с генами дрожжей, кодирующими отдельные стадии метаболизма жирных кислот.

В ряде работ сообщается, что содержание липидов у бактерий ниже, чем у дрожжей и мицелиальных грибов [3, 4, 6]. К бактериям, способным накапливать до 50% липидов от сухой массы, относятся представители родов *Arthrobacter, Bacillus, Alcaligenes, Acinetobacter, Actinomyces, Streptomyces, Rhodococcus, Mycobacterium, Nocardia* и др. [3, 4]. В качестве продуцентов ПНЖК среди бактерий в литературе отмечаются представители родов *Shewanella, Collwelia, Moritella*. Эти бактерии выделяются, в основном, из экстремальных источников, таких как, глубоководные, низкотемпературные регионы, полярные области, и, из кишечника морских животных [7].

В настоящее время продукты, содержащие ПНЖК активно используются в пищевой промышленности и медицине. ПНЖК, выделенные из микроорганизмов, широко применяются в фармацевтике, медицине, косметологии, диетпитании, сельском хозяйстве и других областях. Расширение сфер применения ПНЖК и их невысокое содержание в традиционных источниках делают актуальной проблему развития микробиологического способа производства [8].

Целью данного исследования является отбор микроорганизмов, выделенных из почв и вод Казахстана, содержащих наибольшее количество практически значимых полиненасыщенных жирных кислот.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись мицелиальные грибы *Penicillium citrinum, Penicillium restrictum, Penicillium bilaiae, Penicillium aculeatum, Petromyces alliaceus, Aspergillus sp., Mucor circinelloides,* дрожжи *Rhodotorula mucilaginose, Auerobasidium commune, Yarrowia lipolytica* и бактерии *Kocuria erythromyx, Bacillus endophyticus, Rhodococcus roseae,* выделенные из водоемов и почв Казахстана.

Материалом исследования служили липиды и жирные кислоты, выделенные из биомассы данных микроорганизмов.

Микроорганизмы культивировали на универсальных питательных средах: Сабуро, мясопептонный бульон (МПБ), мясопептонный агар (МПА)[9]. Динамику роста культур бактерий и дрожжей оценивали нефелометрически (фотоколориметрирование на приборе КФК – ЗОМЗ при длине волны 590 нм) [9].

Динамику роста культур мицелиальных грибов оценивали весовым методом (по прирос-

ту биомассы). Биомассу мицелиальных грибов наращивали в чашках Петри (ЧП) на среде Сабуро 3-4 суток. Начальную биомассу вносили в количестве 0,0001 г/чашка Петри.

Для определения веса биомассы в предварительно высушенные при 65^0С до постоянного веса и взвешенные бюксы вносили искомую сырую биомассу и высушивали при 65^0С до постоянного веса. Из массы бюкса с сухим остатком вычитали массу пустого бюкса.

Экстракцию липидов из клеток проводили согласно методам Kates и Garbus [10,11]. Общие липиды экстрагировали, используя изопропанол: высушенную биомассу суспендировали в изопропаноле, инкубировали при 70^0С в течение 30 минут, затем центрифугировали, супернатант переносили в пробирки. Данную процедуру повторяли дважды. Супернатанты объединяли, упаривали в токе азота и сухой осадок растворяли в смеси хлороформ: метанол (2:1). Далее липидные экстракты очищали с помощью раствора Гарбуса (2М KCl в 0,5М натрий-фосфатном буфере, pH 7,4). Хлороформный остаток выпаривали, и содержание общих липидов определяли гравиметрически. Очищенные липидные экстракты растворяли в определенном объеме хлороформа и хранили при -20^0С до проведения дальнейших анализов.

Общее количество липидов определяли весовым методом [11]. Получение метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) осуществляли согласно методике, описанной в работе [12]. Жирнокислотный состав фракции суммарных липидов исследовали методом газовой хроматографии. К определенному количеству общего липидного экстракта добавляли 3 мл 2,5% H_2SO_4 в метаноле: толуоле (2:1), реакция метилирования протекала при 70^0С в течение 2 часов. Известное количество жирной кислоты С24:1 (1 мг/мл) добавляли в качестве внутреннего стандарта для количественного определения, как индивидуальных жирных кислот, так и для определения количества общих липидов. МЭЖК экстрагировали из метилирующей смеси гексаном (2х3 мл) после добавления 3 мл 5% NaCl. Гексановые фракции объединяли и выпаривали в токе азота, сухой осадок растворяли в 50-80 мкл гексана и переносили в виалы для анализа.

Хроматографическое разделение эфиров жирных кислот проводили на газовом хроматографе Clarus 500 (PerkinElmer 8500, США) с пламенно – ионизационным детектором, оснащенным капиллярной колонкой 30 м *0,25 мм (Elite 225, Perkin Elmer). Программирование нагревания: до 170^0С – 3 мин, нагрев до 220^0С со скоростью 4^0/мин, удерживание в течение 15 мин. МЭЖК были определены путем сравнения времен удерживания пиков с таковыми у стандарта G411 FA, содержащего 31 жирную кислоту от С8 до С24:1 (Nu – Chek Prep. Inc., Elysian, MN, США). Программа обработки хроматограмм – Perkin – Elmer Total Chrom Navigator.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялись с использованием программы Microsoft Office Excel. Экспериментальный материал был обработан статистически с вычислением среднего арифметического значения и среднего квадратичного отклонения.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования показали, что общее содержание липидов в клетках исследуемых мицелиальных грибов ниже, чем у олеогенных штаммов, то есть меньше 20% от сухого веса. Культуры *P. citrinum, P.restrictum, P.bilaiae, P. aculeatum, Pet. alliaceus, Aspergillus sp.* и *M. circinelloides* характеризовались содержанием липидов в пределах 5±0,5-7,4±0,7% от сухого веса (рисунок 1). Однако, известно, что наибольшее количество некоторых ценных ПНЖК наблюдается у мицелиальных грибов с невысоким содержанием липидов [13, 14].

Из исследуемых культур дрожжей две – *Y. lipolytica* и *Rhodot. mucilaginose* характеризовались достаточно высоким содержанием липидов – 15,1±1,5 и 10,4±1% от сухого веса, соответственно, у культуры *A. commune* оно было ниже – 10% от сухого веса (рисунок 1).

Количество липидов у бактерий варьировало в пределах 4,3±0,4 – 8,8±0,9% от сухого веса. Наибольшее содержание липидов было обнаружено в культурах *K. erythromyx* – 8,8±0,9%, *B. endophyticus* – 8,2±0,8% и наименьшее – в *Rh. roseae* – 6,9±0,7% от сухого веса (рисунок 1).

Полученные результаты подтверждают данные литературы о том, что наибольшее количество липидов характерно для представителей дрожжей [5].

Данные, полученные при исследовании состава жирных кислот исследуемых культур, представлены на рисунке 2. У грибов фракция ненасыщенных жирных кислот преобладала над фракцией насыщенных. Так, фракция насыщенных кислот была в пределах 17,6±1,8 – 23,9±2,4% от суммы жирных кислот. Содержание мононенасыщенных кислот (МНЖК) варьировало от

9,8±1 до 38±3,5% от суммы жирных кислот. У 6 из 7 исследованных культур мицелиальных грибов было обнаружено достаточно высокое количество ПНЖК – от 52,7±5,1 до 70±5,6% от суммы жирных кислот. У культуры *M. circinelloides* оно составило 38,7±3,6% от суммы жирных кислот.

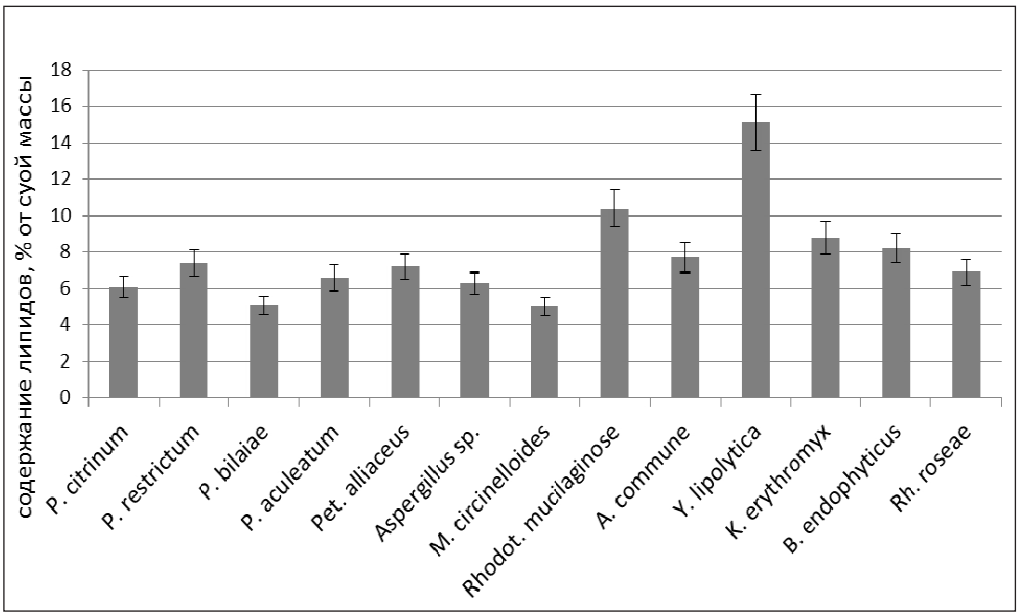


Рисунок 1 – Общее содержание липидов у исследуемых мицелиальных грибов, дрожжей и бактерий

При изучении жирнокислотного состава дрожжей *Rhodot. mucilaginose, A. commune* и *Y. lipolytica* было показано преобладание ненасыщенных жирных кислот над насыщенными (рисунок 2). У всех исследованных культур дрожжей преобладающей была фракция МНЖК, процентное содержание которой находилось в пределах от 46,9±4,4 до 78,6±6,5% от суммы жирных кислот. Насыщенные кислоты составляли небольшую часть – до 13% жирнокислотного состава у культур *Rhodot. mucilaginose* и *Y. lipolytica*, только у культуры *A. commune* были в количестве 37,6±3,3% от суммы жирных кислот. Содержание ПНЖК дрожжей варьировало от 10,6±0,9 до 38,2±3,3% от суммы жирных кислот.

Для бактерий наблюдалась следующая тенденция: ненасыщенные жирные кислоты преобладали над насыщенными (рисунок 2). Только культура *Rh. roseae* содержала 50,7±4,3% насыщенных жирных кислот от суммы жирных кислот. Культуры *K. erythromyx* и *B. endophyticus* характеризовались меньшим их уровнем – менее 38% от суммы жирных кислот. Содержание МНЖК варьировало от 48,3±4% у культуры *Rh. roseae* и до 63,9±5,8% у культуры *K. erythromyx*. Фракция ПНЖК обнаруживалась только у культур *K. erythromyx* и *Rh. roseae* в количестве 1,8±0,1% и 1±0,1% от суммы жирных кислот, соответственно.

Результаты исследования жирнокислотного состава мицелиальных грибов показали, что основными жирными кислотами для всех культур грибов являются пальмитиновая (C16:0), олеиновая (C18:1) и линолевая кислоты (C18:2n-6) (таблица 1). Также культуры *P. restrictum, Pet. alliaceus, M. circinelloides, Aspergillus sp*. содержат 4,2±0,4 – 6,8±0,6% от суммы жирных кислот стеариновой кислоты (C18:0). Линолевая кислота у мицелиальных грибов составляет примерно половину от всех жирных кислот, кроме мицелиального гриба *M. circinelloides*. У данной культуры она составила 23,8±2,2%, однако, это значение в 3,9 раз больше, чем у штамма, описанного Silva M. et al. [13].

Также у исследуемой культуры *Mucor* присутствует линоленовая кислота n-6 серии в количестве 14,3±1,4%, и она является основной для данной культуры. Среди длинноцепочечных ПНЖК у микромицетов были обнаружены арахи-

доновая (АК, С20:4n-6) и эйкозопентаеновая кислоты (ЭПК, С20:5n-3). Так, у культуры *Aspergillus sp*. АК обнаружилась в следовых количествах (около 1±0,1% от суммы жирных кислот). А ЭПК была обнаружена у культур *P. citrinum, P. restrictum, P. bilaiae, P. aculeatum* и *Pet. alliaceus* в количестве от 3,1±0,3 до 8,2±2% от суммы жирных кислот. Максимальное содержание ЭПК наблюдалось у *Pet. alliaceus* (таблица 1).

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что у культуры дрожжей *A. commune* основной жирнокислотный состав был представлен пальминтиновой, пальмитолеиновой, стеариновой, олеиновой и α-линоленовой кислотами (С18:3n-3), процент последней составил 9,6±1% от суммы всех жирных кислот. У *Y. lipolytica* в основном жирнокислотном составе присутствовали пальмитиновая, пальмитолеиновая, олеиновая и линолевая кислоты. Содержание линолевой кислоты составило треть от всех жирных кислот, что в 2,8 раза больше, чем у Wang et al. [6]. В жирнокислотном составе *Rhodot. mucilaginose* основными жирными кислотами были пальмитиновая, олеиновая и линолевая. Содержание олеиновой кислоты составило 76,3±6% от суммы жирных кислот, что на 9,3% больше, чем у *Rhodot. mucilaginose AMCQ10C* Gupta et al. [14].

У бактерий *K. erythromyx, B. endophyticus, Rh. roseae,* основными жирными кислотами были миристиновая (С14:0), миристолеиновая (С14:1), маргариновая (С17:0) и гептадецилсалициловая (С17:1) [15]. Помимо этого, *K. erythromyx* и *B. endophyticus* содержала около 10% от суммы жирных кислот пентадециловой (С15:0) и пальмитиновой кислот. Среди ПНЖК у бактерий были обнаружены ЖК с 18, 20 и 22 атомами углерода, однако их суммарное количество не превышало 3% от общей суммы жирных кислот (таблица 1).

Таким образом, в результате проведенных экспериментов показано, что некоторые из исследуемых мицелиальных грибов и дрожжей содержали значительное количество практически значимых полиненасыщенных жирных кислот. Наиболее ценным жирнокислотным составом обладали: культуры мицелиальных грибов *Mucor circinelloides* за счет наличия γ-линоеновой кислоты, *Petromyces alliaceus* за счет наличия эйкозапентаеновой кислоты и культуры дрожжей *Yarrowia lipolytica* за счет наличия линолевой кислоты, *Auerobasidium commune* за счет наличия α-линоленовой кислоты. Стоит отметить, что большинство исследуемых мицелиальных грибов содержали в своем составе значительное количество линолевой кислоты и были способны синтезировать эйкозапентаеновую кислоту.

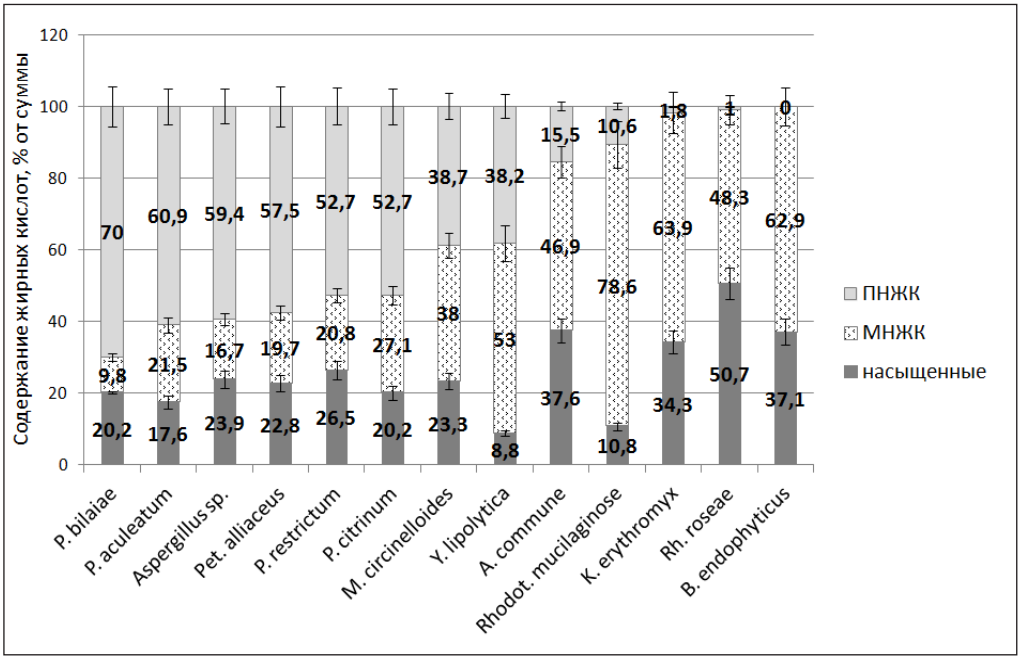


Рисунок 2 – Процентное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот во фракции общих липидов исследуемых мицелиальных грибов, дрожжей и бактерий

Таблица 1 – Жирнокислотный состав исследуемых мицелиальных грибов, дрожжей и бактерий,% от суммы ЖК

ЖК	*P. bilaiae*	*P. restrictum*	*P. aculeatum*	*Aspergillus sp.*	*M. circinelloides*	*P. citrinum*	*Pet. alliaceus*	*A. commune*	*Rhodot. mucilaginose*	*Y. lipolytica*	*B. endophyticus*	*K. erythromyx*	*Rh. roseae*
C14:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,6±2,0	8,4±1,0	39,4±4,0
C14:1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48±4,5	42,1±4,1	35,4±3,2
C15:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1±0,4	6,5±0,6	1,6±0,2
C15:1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5±0,3	-	-
C16:0	16,3±1,6	19,1±2,0	14,5±1,4	15,5±1,5	16,9±1,7	16,6±2,0	14,8±1,5	22,5±2,1	9,7±1,0	7,6±0,7	6,9±0,8	4,8±0,6	1,5±0,2
C16:1*	1,1±0,1	2,1±0,2	0,9±0,08	0,8±0,08	5,9±0,5	1,2±0,1	1,2±0,1	13,5±1,0	2,3±0,2	12,9±1,0	3,4±0,3	-	0,1±0,01
C16:2n-6	-	-	-	-	-	-	-	1,7±1,2	-	0,9±0,1	-	-	-
C17:0	-	-	-	-	-	-	-	4,8±0,4	-	1,2±0,1	4,9±0,6	12,2±1,1	6,6±0,7
C17:1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9±1,0	21,1±2,4	12,2±1,3
C18:0	2,6±0,3	4,2±0,4	2,2±0,2	6,8±0,6	4,2±0,4	2,4±0,2	5,5±0,6	10,3±1,0	1,1±0,1	-	-	0,5±0,04	-
C18:1*	8,7±0,8	18,7±2,0	20,6±2,1	15,9±1,5	32,1±3,1	25,9±3,0	18,5±1,9	25,6±2,0	76,3±6,0	39,1±3,0	-	0,7±0,1	0,6±0,1
C18:2n-6	64,6±6,0	46,4±4,0	56,7±5,2	55±5,3	23,8±2,2	47,3±4,0	46,9±5,0	4,2±0,4	7,3±0,7	36,2±3,1	-	-	0,3±0,03
C18:3n-6	-	-	-	-	14,3±1,4	-	2,4±0,2	-	-	-	-	-	-
C18:3n-3	0,5±0,05	-	-	3,3±0,3	0,6±0,06	-	-	9,6±1,0	3,3±0,3	-	-	-	-
C18:4n-3	-	-	1,1±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6±0,4	1,9±0,3	1,6±0,2
C19:1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C20:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C20:1	-	-	-	-	-	-	-	3,9±0,3	-	1±0,1	-	-	-
C20:2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1±0,1	-	0,7±0,1	0,7±0,1
C20:3n-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5±0,05	-
C20:4n-6	-	-	-	1,1±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C20:5n-3	4,9±0,5	5,1±0,5	3,1±0,3	-	-	5,4±0,5	8,2±2,0	-	-	-	-	-	-
C22:0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C22:1	-	-	-	-	-	-	-	3,9±0,4	-	-	-	-	-
C22:2	-	1,2±0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6±0,06	-
C24:0	1,3±0,1	3,2±0,3	0,9±0,09	1,6±0,2	2,2±0,2	1,2±0,1	2,5±0,3	-	-	-	-	-	-
Сумма x**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,8±0,2	0,7±0,1

Примечания: *C16:1 and C18:1– сумма n-9 и n-7 изомеров; ** x – Сумма неидентифицированных ЖК.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что жирнокислотный состав липидов отобранных микроорганизмов не уступает эталонным растительным маслам, а в некоторых случаях превосходит их. Это позволяет рекомендовать результаты исследования для разработки технологии получения липидов и ПНЖК из микроорганизмов для их дальнейшего использования в различных отраслях народного хозяйства (медицина, диетическое питание, косметология, сельское хозяйство).

Литература

1 Adesina AJ (2012) Classification, Biosynthesis and health implications of n-3 and n-6 PUFAs, J Pharm Biomed Sci, 20(08): 1-12.

2 Kumar J, Banerjee R (2013) Optimization of lipid enriched biomass production from oleaginous fungus using response surface methodology, Indian Journal of Experimental biology, 51: 979-983.

3 Dominguez LA (2012) Polyunsaturated fatty acids in bacteria, algae and fungi – a review, Environmental Engineering and Management Journal, 3(S160):97.

4 Dediukhina EG, Kamzolova SV, Eroshin VK (1994) Study of lipid synthesis and composition of the biomass producing constitutive lipids Debaryomyces globosus in continuous culture [Issledovanie sinteza lipidov i sostava biomassy konstitutivnogo produtsenta lipidov Debaryomyces globosus v usloviiakh nepreryvnogo kul'tivirovaniia], Mikrobiologiia, 63:1007–1014. (In Russian)

5 Kumar J, Banerjee R (2013) Optimization of lipid enriched biomass production from oleaginous fungus using response surface methodology. Indian J Exp Biol, 51:979-983.

6 Wang J, Zhang B, Chen S (2011) Oleaginous yeast Yarrowia lipolytica mutants with a disrupted fatty acyl-CoA synthetase gene accumulate saturated fatty acid, Process Biochem, 46: 1436-1441.

7 Kim SB, Nadashkovskaya OI, Mikhailov VV, Han SK, Kim KO, Rhee MS, Bae KS (2004) *Kocuria marina sp.* nov., a novel marine sediment. Int J Syst Evol Microbiol, 54:1617-1620.

8 Ward O, Singh A (2005) Omega-3/6 fatty acids: Alternative sources of production, Process Biochem, 4:3627–3652.

9 Egorov NS (1976) Workshop on the Biology [Praktikum po mikrobiologii]. Moscow, Russia. (In Russian)

10 Kates M (2010) Techniques of Lipidology: Isolation, Analysis, and Identification of Lipids, Newport: Newport Somerville Innovation, 422:128-135.

11 Garbus J, Deluca HF, Loomans M. E., Strong F. M. (1963) Rapid incorporation of phosphate into mitochondrial lipids, J.Biol.Chem, 238: 59-63.

12 Christie WW (2003) Lipid analysis. Isolation, separation, identification and structural analysis of lipids, Bridgwater: The Oily Press, 416:57-59.

13 Silva M, Manfio GP, Canhos VP (1998) Characterization of selected strains of Mucorales using fatty acid profiles, Braz J Microbiol, 29(4): 276-281.

14 Gupta A, Vongsvivut J, Barrow CJ, Puri M (2012) Molecular identification of marine yeast and its spectroscopic analysis establishes unsaturated fatty acid accumulation, J Biosci Bioeng, 114(4): 411-417.

15 Kaneda T (1967) Fatty acids in the genus Bacillus. I. Iso- and anteiso-fatty acids as characteristic constituents of lipids in 10 species, J Bacteriol, 93(3): 894-903.

Заядан Б.К., Садвакасова А.К.,
Акмуханова Н.Р., Болатхан К.,
Сарсекеева Ф.К.,
Бауенова М.О.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

Коллекция микроводорослей и цианобактерий КазНУ имени аль-Фараби и перспективы ее использования

В настоящее время Коллекция микроводорослей и цианобактерий Казахского национального университета им. аль-Фараби (CCMKazNU - Culture Collection of microalgae, Al-Faraby Kazakh National University) насчитывает 54 штамма из 13 родов, 25 видов. Основу коллекционного фонда составляют зеленые микроводоросли, относящиеся преимущественно к родам Chlorella, Dunaliella и Chlamydomonas, а также цианобактерии, в основном представленные родами Spirulina, Nostoc и Synechocystis. В коллекции содержатся штаммы, выделенные из почвенных и водных альгологических проб, собранных на территории Казахстана и Монголии, а также полученные из других коллекций микроводорослей России (CALU, IPPAS, PGC), Узбекистана (Коллекция культур водорослей Института ботаники) и коллекции Хламидомонас центра Дюкского Университета, США. Также содержатся мутантные штаммы микроводорослей и цианобактерий, полученные методами мутагенеза и селекции. Основные направления исследований связаны с поиском перспективных культур фототрофных микроорганизмов имеющих биотехнологическое значение, в частности для получения биологически активных веществ в медицине и биологически активных добавок в сельском хозяйстве, получение биотоплива, биоудобрений, проведение биомониторинга и биоремедиации нарушенных объектов окружающей среды.

Ключевые слова: коллекция, микроводоросль, цианобактерия, штамм, альгологически чистая культура.

Zayadan B.K., Sadvakasova A.K.,
Akmukhanova N.R.,
Bolatkhan K., Sarsekeeva F.K.,
Bauyenova M.O.

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

Collection of microalgae and cyanobacteria Kazakh national university named after al-Farabi and prospects of its use

Currently, collection of microalgae and cyanobacteria Kazakh National University al-Farabi (CCMKazNU - Culture Collection of microalgae, Al-Faraby Kazakh National university) consists of 54 strains of 13 genera, 25 species. The basis of the collection fund is green microalgae Chlorella mainly relate to childbirth, of Dunaliella and Chlamydomonas as well as cyanobacteria is mainly represented by the genera of Spirulina, Nostos and Synechocystis. The collection contained strains isolated from soil and water algological samples collected on the territory of Kazakhstan and Mongolia, as well as obtained from other collections of Russian microalgae (CALU, IPPAS, PGC), Uzbekistan (Collection of Botany Institute of algae cultures) and collection Hlamidomonas Center Duke University USA. Also provides mutant strains of microalgae and cyanobacteria obtained by mutagenesis and selection. Main research areas are related to the search for promising crops phototrophic microorganisms with biotechnological importance, in particular for the production of biologically active substances in medicine and dietary supplements (dietary supplements) in agriculture, biofuels, bio-fertilizers, conducting biomonitoring and bioremediation of disturbed environmental objects.

Key words: collection, microalgae, cyanobacteria strains algological pure culture.

Заядан Б.К., Садвакасова А.К.,
Акмуханова Н.Р.,
Болатхан К., Сарсекеева Ф.К.,
Бауенова М.О.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ микробалдырлар мен цианобактериялар коллекциясы және оны пайдаланудың келешегі

Бүгінгі таңда әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің микробалдырлар мен цианобактериялар коллекциясында (CCMKazNU - Culture Collection of microalgae, Al-Faraby Kazakh National university) 13 туыс пен 25 түрдің 54 штамы бар. Коллекция қорының негізін, көбіне Chlorella, Dunaliella және Chlamydomonas туысына жататын жасыл балдырлар, сонымен қатар көбіне Spirulina, Nostoc және Synechocystis туысының өкілдері болып табылатын цианобактериялар құрайды. Қазіргі кезде, коллекцияда Қазақстан мен Монголия аумағынан жиналған топырақ пен судың альгологиялық үлгілерінен бөлініп алынған штамдар, сонымен қатар Ресей микробалдырлар коллекциясынан (CALU, IPPAS, PGC), Өзбекістаннан (Ботаника Институтының микробалдырлар дақылының коллекциясы) және АҚШ-ғы Дюкс Университетінің Хламидомонас орталығынан алынған штамдар бар. Сонымен қатар коллекцияда мутагенез және селекция әдістерімен алынған микробалдырлар мен цианобактериялардың мутантты штамдары бар. Зерттеулердің негізгі бағыттары, биотехнологиялық маңызы бар, соның ішінде медицинаға қажетті биологиялық белсенді заттарды және ауыл шаруашылығына қажетті биологиялық белсенді қоспаларды алуға, биоотын мен биотыңайтқыштар алуға, қоршаған ортаның бұзылған объектілеріне биомониторинг және биоремедиация жүргізуге арналған, келешегі мол фототрофты микроорганизмдердің дақылдарын іздестірумен байланысты.

Түйін сөздер: коллекция, микробалдыр, цианобактерия, штамм, альгологиялық таза дақыл.

© 2016 Al-Farabi Kazakh National University

УДК 069.5:631.

Заядан Б.К., *Садвакасова А.К., Акмуханова Н.Р., Болатхан К., Сарсекеева Ф.К., Бауенова М.О.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы
*E-mail: aknurbio@list.ru

КОЛЛЕКЦИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ КАЗНУ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Введение

Коллекции культур микроводорослей являясь важным источником живого материала для фундаментальных, прикладных научных исследований и образовательного процесса, имеют огромное научное и прикладное значение. Поддержание биологических коллекций является частью приоритетной проблемы сохранения биоразнообразия и биоресурсов любого государства. Почти во всех странах мира разработаны государственные и региональные стратегии и программы, направленные на поддержание и сохранение биологических ресурсов. Вопросы объективной оценки современного состояния биоразнообразия мира и восстановления нарушенных экосистем являются весьма актуальными и для современного Казахстана.

Фототрофные микроорганизмы являются одной из больших групп микроорганизмов. Среди их представителей особое место занимают микроводоросли, являющиеся начальным звеном трофических цепей. Специфика метаболизма ряда представителей микроальгофлоры, связанная с продуцированием метаболитов с ценными для человека свойствами, сделала микроводоросли одним из важных объектов биотехнологии [1]. Значимость коллекций цианобактерий и микроводорослей существенно возросла после того, как водоросли стали активно использовать в различных биотехнологических программах [2].

Ведущие мировые коллекции фототрофных микроорганизмов являются не только своеобразными «банками» для хранения генофонда микроводорослей и цианобактерии, но и ведущими научно-исследовательскими и образовательными центрами, приоритетной задачей которых является сохранение генетических ресурсов в природных экосистемах, в интересах биотехнологии и генетической инженерии [3].

Цель коллекции – пополнение, паспортизация, создание банка данных и разработка современной технологии сохранения производственно–ценных коллекционных культур фототрофных микроорганизмов перспективных для получения биотоплива, биоудобрений и биологически активных веществ.

Материалы и методы

Сбор водорослей проводили общепринятыми методами альгологии [4]. Определение предварительной таксономической принадлежности цианобактерий на основании морфологических признаков проводили по Еленкину и Голлербаху [5, 6].

Для получения штаммов использовали накопительные культуры с последующим выделением из них монокультур. Выращивание водорослей проводили на жидких и агаризованных средах TAP, L2 min, Тамия, 04 – (pH 6,5-7) – для зеленых; Зарука, Громова – (7,5 – 9) – для цианобактерий [7].

В коллекции штаммы хранятся в стеклянных пробирках на 20 мл с притертыми и ватно-марлевыми пробками, в чашках Петри. Для инициации роста колоний они пересеваются на обогащенные среды и размещаются в световой установке под фитолампами ФАР 40 мкМ $м^{-1}$ $с^{-1}$ (Pandora-Led, Россия) при комнатной температуре в течение 12–14 дней, после этого штаммы переносятся в холодильник-витрину и культивируются при температуре +10 ºС с дополнительной подсветкой лампой дневного освещения – ЛБ–40 ФАР 15 мкМ $м^{-1}$ $с^{-1}$. Пересев коллекционных культур осуществляется один раз в 2–3 месяца. Микроскопирование микроводорослей и цианобактерий проводили с помощью микроскопов MS 20 (Micros, Австрия) и Axio Imager A1 (Carl Zeiss, Германия) при увеличении в ×400, 1000 раз.

Результаты и их обсуждение

На сегодняшний день Коллекция микроводорослей и цианобактерий Казахского национального университета им. аль-Фараби (CCMKazNU – Culture Collection of microalgae, Al-Faraby Kazakh National university) насчитывает 54 штамма из 13 родов, 25 видов. Сохраняемый фонд микроводорослей может быть разделен на три категории: дикие штаммы, выделенные из природной среды, необходимые для систематики и общей экологии; штаммы, перспективные для промышленной биотехнологии управляемых фотоавтотрофных биосинтезов; штаммы-мутанты, представляющие специфический интерес для изучения биологии фототрофных клеток, исследований пластидного генома и для целей генной инженерии водорослей. На каждую культуру имеется индивидуальный паспорт, включающий морфологические, физиолого-биохимические, генетические и экологические характеристики. Из коллекции культур микроводорослей депонировано 47 штаммов (Таблица 1). Опубликован каталог информационных данных по хранящимся штаммам [7].

В коллекции предпочтительно поддерживаются формы, имеющие практическое значение, а также с характерными физиолого-биохимическими свойствами, которые вполне могут стать модельными объектами фундаментальных исследований фотосинтеза и регуляторных механизмов фотосинтезирующей клетки. Состав коллекции обогащен термофильными видами, выделенными из горячих источников, галофильными микроводорослями, растущими при сверхвысокой степени засоленности.

Основу коллекционного фонда составляют зеленые водоросли, относяшихся преимущественно к родам *Chlorella, Dunaliella* и *Chlamydomonas* а также цианобактерии в основном представленные представителями родов *Spirulina, Nostok* и *Synechocystis.* В настоящее время в коллекции содержатся штаммы, выделенные из почвенных и водных альгологических проб, собранных на территории Казахстана и Монголии. В коллекции также содержатся мутантные штаммы микроводорослей и цианобактерий, полученные методами мутагенеза и селекции.

Основная задача коллекции – гарантированное поддержание и расширение штаммов микроводорослей и цианобактерий, выделенными из различных природных экосистем с целью дальнейшего их использования при проведении физиолого-биохимических и молекулярно-генетических исследований и разработка стратегии и методов сохранения генофонда.

Коллекция расширяется за счет депонирования селекционных штаммов, получения новых мутантных форм и образцов, выделенных из природной среды, за счет обмена с другими коллекциями.

Выделение микроводорослей в культуру с помощью традиционных методов является хорошо изученной процедурой. Согласно схеме получения чистых культур вначале из природных источников отбирали пробы воды и альгобактериальных матов, из которых выделяли культуры микроводорослей разных таксономических групп. Выбор подходящей среды является важным условием для успешного культивирования микроводорослей. При культивировании учитывали уничтожение загрязнителей, особенно тех, которые могли конкурировать с нужным видом. Среди методов выделения микроводо-

рослей использовали изоляцию их клеток с помощью разведения, изоляцию отдельных клеток с помощью микропипеток и при помощи агара.

У выделенных чистых культур микроводорослей, показавших стабильный рост в лабораторных условиях, были изучены культурально-морфологические и физиологические свойства, а также по коэффициенту скорости роста и выхода сухой биомассы отбирались наиболее продуктивные штаммы для дальнейшего изучения их биотехнологического потенциала. На последующих этапах определяли условия культивирования, обеспечивающие повышение концентрации продуцирующих метаболитов тем самым оптимизировав способы их культивирования.

Все культуры микроводорослей и цианобактерий альгологически и бактериологически чистые. Состояние культур периодически контролируется с помощью световой микроскопии. Пересев культур осуществляется 1 раз в месяц.

Начиная с 2000 г. пополняется штаммами, изолированными из таких водных экосистем Казахстана, как Каспийское море, о. Балхаш, о. Билеколь, о.Алаколь, р. Илек, р. Б. Алматинка, водоемы очистных сооружений г.Алматы, а также значительным количеством штаммов из Коллекции культур микроводорослей лабораторий микробиологии БиНИИ СПбГУ г. Санкт-Петербург (CALU) и рядом штаммов из Института биотехнологии АН Монголии. Штаммы микроводорослей и цианобактерий поддерживаются в стеклянных пробирках с ватно-марлевыми пробками на агаризованных средах. Штаммы сохраняются в активно вегетирующем состоянии в культуральной комнате на холодильной установке, оснащенной люминесцентными лампами ЛБ-40 (Рисунки 1, 2).

Рисунок 1 – Стеллаж для культивирования коллекционных культур микроводорослей

Рисунок 2 – Холодильник для хранения коллекции микроводорослей и цианобактерий

Таблица 1 – Депонированные штаммы Коллекции микроводорослей и цианобактерий Казахского национального университета им. аль-Фараби

Шифр	Вид	Штамм	Таксономия	Выделен/получен
C1	*Spirulina platensis*	*CALU-532m*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Chroococcales, Spirulinaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур водорослей лабораторий микробиологии БиНИИ СПбГУ г. Санкт-Петербург (CALU)
C2	*Spirulina platensis*	*ZBK-1m-2*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Chroococcales, Spirulinaceae*	Методом селекции исходный штамм из Коллекции культур водорослей лабораторий микробиологии БиНИИ СПбГУ г. Санкт-Петербург (CALU)
C3	*Spirulina platensis*	*CALU-532*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Chroococcales, Spirulinaceae*	Получен из Коллекции культур водорослей лабораторий микробиологии БиНИИ СПбГУ г. Санкт-Петербург (CALU)
C4	*Spirulina labyrinthiformus*	*L-2*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Chroococcales, Spirulinaceae*	Из сточных вод очистных сооружений г. Алматы, методом селекции
C5	*Oscillatoria tenuis*	*T-1*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Oscillatorales, Oscillatoraceae*	Из горячих источников района Чонджы, Алматиской области, методом селекции
C6	*Oscillatoria brevis*	*WW-1*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Oscillatorales, Oscillatoraceae*	Из сточных вод очистных сооружений г. Алматы, методом селекции
C7	*Anabaena variabilis*	*S-1*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Nostocales, Anabaenaceae*	Из почв Алматинской области, методом селекции
C8	*Anabaena sp*	*T-1*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Nostocales, Anabaenaceae*	Из горячих источников района Чонджы, Алматинской области, методом селекции
C9	*Nostoc calsicola*	*S-2*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Nostocales, Nostocaceae*	Из почв Алматинской области, методом селекции
C10	*Phormidium foveolarum*	*WW-2*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Oscillatorales, Phormidiaceae*	Из сточных вод очистных сооружений г. Алматы, методом селекции
C11	*Phormidium tenue*	*WW-3*	*Cyanophyta, Hormogoniophyceae Oscillatorales, Phormidiaceae*	Из сточных вод очистных сооружений г. Алматы, методом селекции
C12	*Synechococcus aeruginosus*	*T-7*	*Cyanophyta, Synechococco phycideaeSynechococcales, Synechococcaceae*	Из горячих источников Алматинской области, методом селекции
C13	*Synechococcus sp*	*T-1*	*Cyanophyta, Synechococco phycideaeSynechococcales, Synechococcaceae*	Из горячих источников с. Тургень, Алматинской области, методом селекции
C14	*Synechocystis sp.*	*K-1*	*Cyanophyta, Synechococco phycideaeSynechococcales, Merismopediaceae*	Из горячих источников района Чонджы, Алматинской области, методом селекции
M1	*Chlorella vulgaris*	*T-1*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Из горячих источников района Чонджы, Алматинской области, методом селекции
M2	*Chlorella sp.*	*sp 1m*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Получен из Коллекции культур микроводорослей Института физиологии растений, г. Москва (IPPAS).

Продолжение иаблицы 1

Шифр	Вид	Штамм	Таксономия	Выделен/получен
M3	*Parachlorella kessleri*	*UZ 1-6*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Получен из Коллекции Института Ботаники АН Узбекистана
M4	*Chlorella sp.*	*sp -1*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Получен из Института биотехнологии АН Монголии
M5	*Chlorella vulgaris*	*sp -4*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Из водоемов очистных сооружений г. Алматы, методом селекции.
M6	*Chlorella vulgaris*	*sp -3*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Получен из Коллекции культур микроводорослей Института физиологии растений, г. Москва (IPPAS).
M7	*Chlorella sp.*	*sp 20m*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Получен из Коллекции Института биотехнологии АН Монголии.
M8	*Chlorella sp*	*sp-16m*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Получен из Коллекции Института биотехнологии АН Монголии.
M9	*Chlorella vulgaris*	*Z-1*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Из очистных сооружений г. Алматы, методом селекции
M10	*Chlorella pyrenoidosa*	*C-2*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Из очистных сооружений г. Алматы, методом селекции
M11	*Chlorella vulgaris*	*43B*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Chlorellacae*	Получен из Коллекции культур микроводорослей Института физиологии растений, г. Москва (IPPAS).
M12	*Scenedesmus quadricauda*	*Z-1*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Scenedesmiaceae*	Получен из Коллекции Института Ботаники АН Узбекистана
M13	*Scenedesmus oblliguis*	*A-1*	*Chlorophyta, Chlorococconeae, Protococcales, Scenedesmiaceae*	Из очистных сооружений г. Алматы, методом селекции.
M14	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-124*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Получен из коллекции Хламидомонас центра Дюкского Университета США.
M15	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC124Res-1*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм (CC-124) из коллекции Хламидомонас центра Дюкского Университета США.
M16	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC124Res-2*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм (CC-124) из коллекции Хламидомонас центра Дюкского Университета США.
M17	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-CBn*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур микроводорослей лаборатории генетики микроорганизмов СПбГУ г. Санкт-Петербург (PGC)
M18	*Chlamydomonas reinhardtii*	*Nfr -4*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур водорослей лабораторий микробиологии БиНИИ СПбГУ г. Санкт-Петербург (CALU)

Продолжение иаблицы 1

Шифр	Вид	Штамм	Таксономия	Выделен/получен
M19	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-79*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм получен из коллекции Хламидомонас центра Дюкского Университета США.
M20	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-137*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Получен из Коллекции культур микроводорослей лаборатории генетики микроорганизмов СПбГУ г. Санкт-Петербург (PGC)
M21	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-137Oil S-1*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Получен методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из коллекции Хламидомонас центра Дюкского Университета США.
M22	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-137Oil S-2*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Получен методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из коллекции Хламидомонас центра Дюкского Университета США.
M23	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-137Y-1*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур лаборатории генетики микроорганизмов СПбГУ (PGC)
M24	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-137Y-2*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур микроводорослей лаборатории генетики микроорганизмов СПбГУ (PGC)
M25	*Chlamydomonas reinhardtii*	*1641b*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур микроводорослей лаборатории генетики микроорганизмов СПбГУ (PGC)
M26	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-137Chl-a-1*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур микроводорослей лаборатории генетики микроорганизмов СПбГУ (PGC)
M27	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-137Chl-a-2*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур микроводорослей лаборатории генетики микроорганизмов СПбГУ (PGC)
M28	*Chlamydomonas reinhardtii*	*CC-137Chl-a-3*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Chlamydomonadaceae*	Методом индуц. мутагенеза, исходный штамм из Коллекции культур микроводорослей лаборатории генетики микроорганизмов СПбГУ (PGC)
M29	*Dunaliella salina Teod*	*D-209*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Dunaliellaceae*	Получен из Коллекции культур микроводорослей Института физиологии растений, г. Москва (IPPAS).
M30	*Dunaliella salina*	*D-19*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Dunaliellaceae*	Получен из Коллекции культур водорослей Института ботаники АН Узбекистан.
M31	*Dunaliella pseudosalina*	*D-701*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Dunaliellaceae*	Получен из Коллекции культур микроводорослей Института физиологии растений, г. Москва (IPPAS).
M32	*Dunaliella maxima*	*D-15*	*Chlorophyta, Chlorophyceae, Volvocales, Dunaliellaceae*	Получен из Коллекции культур водорослей Института ботаники АН Узбекистан.
M33	*Euglena viridis*	*S-1*	*Euglenophyta, Euglenophyceae, Euglenales, Euglenaceae*	Из очистных сооружений г. Алматы, методом селекции.

В настоящее время на базе коллекции микроводорослей научные исследования проводятся по направлениям молекулярно-генетическая таксономия выделенных микроводорослей и цианобактерий, биология и экология микроводорослей, физиология и биохимия микроводорослей. Основные направления исследований связаны с поиском перспективных культур фототрофных микроорганизмов имеющих биотехнологическое значение, методами их сохранения и оценкой их жизнеспособности в период, и после хранения.

Известно, что культуры фототрофных микроорганизмов, являются сырьем для таких прикладных аспектов, как получение биологически активных веществ и биодобавок, получение биотоплива, биоудобрений, проведение биотестирования, биоиндикации, биоремедиации и рекультивации техногенно нарушенных объектов окружающей среды [8]. При этом, одним из приоритетных направлений развития биотехнологии является поиск и изучение новых нетрадиционных источников биологически активных веществ. Литературные данные последних лет позволяют утверждать, что водоросли можно использовать для направленного биосинтеза целого ряда соединений [9]. Так, например, *S. platensis* способна к синтезу йодсодержащих соединений гормональной природы – тироксина и трийодтиронина, легко усваиваемых человеческим организмом [8, 9]. Большой интерес представляет перспектива использования одноклеточных зеленых микроводорослей для биосинтеза алкалоидов, стероидов, витаминов – соединений вторичной природы [10].

В коллекции имеются штаммы цианобактерий *Spirulina platensis ZBK-1, Spirulina platensis ZBK-1m* и микроводоросли *Chlorella vulgaris sp.3., Chlorella vulgaris* Z-1, богатые витаминами, белками, углеводами, микро- и макроэлементами и характеризующиеся высокой продуктивностью, что определяет их перспективность в получении на их основе БАВ для медицины и БАД в животноводстве и птицеводстве. На сегодняшний день проводятся научные исследования по разработке технологии получения новых биопрепаратов с пробиотическими и антиоксидантными свойствами на основе биомасс микроводорослей и цианобактерий для использования в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. В этой связи проводится оптимизация условий культивирования активных штаммов микроводорослей и цианобактерий в лабораторных фотобиореакторах. А также проводятся работы по массовому культивированию микроводорослей с целью получения биомассы для определения ее эффективности в отношении экспериментальных животных.

Управляемый биосинтез пигментов микроводорослей, таких как хлорофиллы, каротины, ксантофиллы, фикобилипротеины тоже является одной из наиболее актуальных задач биотехнологии, поскольку пигменты, получаемые из растительных компонентов, являются не токсичными. Перспективными объектами в этом направлении рассматриваются коллекционные штаммы зеленой микроводоросли *Dunaliella salina D*-15, *Dunaliella salina D*-19, полученные из Коллекции культур водорослей Института ботаники АН Узбекистан и штамм цианобактерии *Desertifilum* sp., выделенный из озера Шар-Нуур Баян Улгийского аймака (Монголия). Известно, что в определенных условиях *Dunaliella salina* способна к гиперсинтезу каротина, содержание которого в ее клетках может достигать 10% [11]. Перспективность штамма цианобактерии *Desertifilum* sp., как источника пигментов связана с тем, что биомасса цианобактерии, содержит только одну форму хлорофилла – хлорофилл *a*, а не смесь хлорофиллов *a* и *b*, как в случаях с микроводорослями и растительными объектами, что в свою очередь упрощает технологический процесс получения этого пигмента.

На базе коллекции микроводорослей и цианобактерий ведутся активные исследования в области получения биотоплива из микроводорослей и цианобактерий. Для этого подбираются штаммы микроводорослей, содержащие высокое количество липидов в цитоплазме. В качестве перспективных объектов для получения биотоплива рассматриваются коллекционные штаммы зеленой микроводоросли хлореллы – дикий штамм *Chlorella sp.1.,* выделенный из горячих источников Уйгурского района Алматинской области, *Chlorella pyrenoidosa C-2m*, полученный методом индуцированного мутагенеза и штамм цианобактерии *Cyanobacterium* sp. IPPAS B-1200-2, полученный методам автоселекции. Данные штаммы характеризуются высоким содержанием насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот и высокой продуктивностью по накоплению биомассы, что делает их перспективными кандидатами, пригодными в качестве сырья для дальнейшего биотехнологического производства биодизеля.

Среди цианобактерий нашей коллекции имеются такие штаммы как *Nostoc calsicola S-2, Anabaena variabilis S-1,* с высокой потенциаль-

ной возможностью к азотфиксации. Как известно, микроводоросли успешно используются для повышения плодородия почв, то есть для пополнения запасов органических веществ, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур. При этом применение цианобактерий в качестве биоудобрения является более безопасным для окружающей среды по сравнению с химическими удобрениями. В настоящее время в этом направлении ведутся работы по разработке основ использования цианобактерий в монокультурах и в сложных микробных консорциумах для применения их как стимуляторов роста в земледелии. Рассматриваются технологичные методы их культивирования и изучаются возможности использования цианобактерий в агробиотехнологии.

Особое внимание уделяется пополнению коллекции штаммами микроводорослей устойчивых к различным токсикантам, с целью изучения их возможностей в экологической биотехнологии. На сегодняшний день в коллекции имеются 7 штаммов микроводорослей *Chlamydomonas reinhardtii CC-124Res-1, Chlamydomonas reinhardtii CC-124Res-2, Chlamydomonas reinhardtii CC-124Oil-1, Chlamydomonas reinhardtii CC-124Oil-2,* полученные методом мутагенеза и *Chlorella vulgaris sp.4., Chlorella sp.1., Chlorella sp.5,* выделенные из загрязненных источников, характеризующиеся высокой устойчивостью к ТМ (кадмию, цинку), органическим веществам и нефтепродуктам. В данное время изучаются их возможности в очистке загрязненных водных экосистем. Известно, что роль микроводорослей в биологической очистке воды огромна. Положительную роль микроводорослей обуславливает суммарное действие нескольких существенных факторов: улучшение кислородного режима за счет фотосинтетической аэрации, улучшение условий существования водной микрофлоры, аккумуляция загрязнителей и выделение биологически активных метаболитов. Применение активных штаммов микроорганизмов-деструкторов, выделение и использование устойчивых к загрязненным водам микроводорослей позволило создать новую комплексную биотехнологию очистки и восстановления экосистем водоемов и почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами [12].

Коллекционные штаммы *Chlamydomonas reinhardtii* CC124y-1, CC- 124p-1, CC- 124y-2 и CC-124p-2 – пигментные мутанты, полученные методом индуцированного мутагенеза и селекции, в свою очередь характеризуются высокой чувствительностью к тяжелым металлам , что дает возможности их использования в оценке экологического состояния загрязненных водных экосистем. Кроме того применяемый генетический критерий, пигментный состав, является неоценимым преимуществом для использования данного мутанта в генетическом мониторинге окружающей среды с целью определения мутабильности исследуемой среды. Использование предлагаемых тест-объектов дает интегральную оценку состояния окружающей среды и повышает точность прогноза об отдаленных последствиях мутагенных загрязнений.

Кроме того разрабатываются различные методы сохранения производственно-ценных коллекционных штаммов фототрофных микроорганизмов, в частности ведется работа по криосохранению микроводорослей и цианобактерий. При этом особое внимание уделяется вопросам функциональной активности фотосинтетического аппарата, исследованиям физиолого-биохимических характеристик культур после их криоконсервации.

Таким образом, сохраняемый в коллекции фонд культур фототрофных микроорганизмов может служить основой для быстрого и своевременного ее использования при разработке новых технологий в биоэнергетике, экологической биотехнологии, высокоэффективных препаратов медицинского и сельскохозяйственного назначения.

В будущем планируется расширить коллекцию культур водорослей новыми штаммами путем улучшения методик выделения и поддержания жизнеспособности культур, сохранения новых штаммов и таксонов, которых нет в других коллекциях.

Литература

1 Moskalenko SV, Temraleeva AD, Dronova SA, Pinskii DL (2015) Algological collection of the Institute of Physical-Chemical and Biological Problems in Soil Science (ACSSI): state and development prospects. Questions modern algology [Algologicheskaya kollekciya Instituta Physiko-khemicheskih problem pochvovedeniya RAN (ACSSI): sostoiyanie i perspectivy razvitiya. Voprosy sovremennoi algologii] 1(8). (In Russian)

2 Mokronosov AT, Kupcova ES, Popov AS, Kuznecov VV (1994) Genetic collection of biological resources as a way to save the planet. Herald of the Russian Academy of Sciences [Geneticheskaya collekciya kak sposob sohraneniya bioresursov planety. Vestnik Rosseiskoi Akademii Nauk] 11(64): 991-1001. (In Russian)

3 Kostikov IU, Demchenko EN, Berezovskaya MA (2009) Collection of algae cultures of the Kyiv National Taras Shevchenko University. Catalog strains. Chernomorsk. Botanical journal [Kollekciya cultur vodoroslei Kievscogo nacionalnogo universiteta imeni Tarasa Shevchenko. Katalog shtammov. Chernomorsk botanicheskii zhurnal] 1(5): 37-79. (In Russian)

4 Gaisina LA, Fazlutdinova AI, Kabirov PP (2008) Modern methods of isolation and cultivation of algae: a tutorial. Ufa: Publishing HBSPU [Sovremennyie metody vydelenie i kultivirovaniya vodoroslei: uchebnoe posobie.Ufa: Izdatelstvo BGPU] 152. (In Russian)

5 Gollerbah MM, Kosinskaya EK, Polyanskii VI (1953) Key to freshwater algae USSR. Sov. the science [Opredelitel presnovodnyh vodoroslei SSSR. Sov. nauka] 2: 665. (In Russian)

6 Elenkin AA (1949) Blue-green algae of the USSR. Special (systematic) part. [Sinezilenie vodorosli SSSR. Specialnaya (sistematicheskaya) chast] 1: 990-1908. (In Russian)

7 Zayadan BK, Akmuchanova NR, Sadvakasova AK (2013) Collection of microalgae and their methods of cultivation. Scientific method. allowance. Publishing house «Liter» [Kollekciya mikrovodoroslei I metody ih kultivirovaniya. Nauchno-metod. posobie. Izdatelstvo «Liter»] 158 c., ISBN 978-601-247-946-1

8 Li Y, Horsman M, Wu N, Lan CQ, Dubois-Calero N (2008) Biofuels from microalgae. Biotechnol. Prog. 24: 815-820.

9 Makarova EI, Oturina IP, Sidyakin AI (2009) Applied aspects of microalgae – the inhabitants of aquatic ecosystems. Ecosystems, their optimization and security [Prikladnye aspecty primenenie mikrovodoroslei-obitatel vodnyh ecosystem. Ecosistemy, ih optimizaciya i ohrana] 20: 120-133. (In Russian)

10 Herrero M (2004) Pressurized liquid extracts from Spirulina platensis microalga determination of their antioxidant activity and preliminary analysis by micellar electrokinetic chromatography. Journal of chromatography. 2:195 – 203.

11 Raja R (2007) Exploitation of Dunaliella for beta – carotene production. Appl. Microbiol. Biotechnol. 3(74): 517-523.

12 Zayadan BK, Matorin DN (2015) Biomonitoring of aquatic ecosystems based on mikrovodorosley. Publishing house «Altex» [Biomonitoring vodnyh ecosystem na osnove mikrovodoroslei. Izdatelstvo «Alteks»] 252. (In Russian)

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Раздел 1
Ботаника Ботаника

Дурмекбаева Ш.Н., Хамитова Г.Ж., Мемешов С.К., Жумабаева А.А.
Ақмола облысы Зеренді ауданы аймағы флорасының түрлік құрамы 4

Қарашолақова Л.Н., Мұхитдинов Н.М., Ахметова А.Б.
Сирек кездесетін эндем *Lonicera iliensis* Pojark. өсімдігі жапырағының анатомиялық-морфологиялық ерекшеліктері 14

Қоңырова Ж.Б., Давлетова А.Н., Қуатбаев А.Т., Таирова С.К., Назарбекова С.Т., Чилдибаева А.Ж.
Талас өзені аңғарындағы табиғи мал жайылымдарындағы өсімдіктер қауымдастықтарының ерекшеліктері 24

Қуатбаев А.Т., Мамыкова Р.У., Ибрагимов Т.С., Шойбекова П.Р., Ибрагимова З.Е., Назарбекова С.Т.
Valeriana officinalis L. өсімдігінің морфогенезі және өсіру ерекшеліктері 34

Шевченко А.С., Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю.
Макро- и микроэлементный состав некоторых казахстанских растений рода *Polygonum* L. 42

Чилдибаева А.Ж., Қуатбаев А.Т., Аралбай Н.К., Назарбекова С.Т., Аметов А.А.
Су және су жағалаулық өсімдіктер құрамындағы шыландарды (*Potamogetonaceae* Dum.) зерттеу мәселелеріне материалдар 48

2-бөлім Раздел 2
Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы Физиология и биохимия растений

Zhumabaeva B.A., Djangalina E.D., Aytasheva Z.G., Lebedeva L.P., Dauletbaeva S.B.
Activities of protein components in bean seeds of Kazakhstan, Russian and other accessions 58

3-бөлім Раздел 3
Адам және жануарлар физиологиясы Физиология человека и животных

Suvorova M., Zharkova I., Sutuyeva L., Ondasynova A.
ZFET (Zebrafish embryo toxicity test) as a model test for determination of heavy metals embryo toxicity 68

Калимагамбетов А.М., Оразбаева А.О.
Репродуктивті саулық саласындағы студенттердің медико-генетикалық білімі 78

Ниетбаева О.В., Машрапова М.М., Кунанбаева А.Б., Кушманов Е.Е., Керимбекова Г.Ж., Мырзабаева Г.Б., Тажединов И.
Картина периферической крови и красного костного мозга у крыс, получивших эквивалентную человеку радиоактивность «^{153}Sm-ЭДТМФ, раствор для терапии» 88

Төленова Қ.Д., Құлбаева М.С., Тулеуханов С.Т., Швецова Е.В., Атанбаева Г.К., Әбдіғаппар А.Е., Қамзақызы Ш.
Бүйрек ауруына шалдыққан жасөспірімдердің биологиялық активті нүктелердің биофизикалық қасиетін зерттеу 98

Чередниченко О.Г.
Комбинированное воздействие рентгеновского и γ-излучений на клетки периферической крови человека *in vivo* и *in vitro* 106

4-бөлім Раздел 4
Молекулалық биология және генетика Молекулярная биология и генетика

Бисенбаев А.К.
Эксцизионная репарация оксидативно поврежденных оснований ДНК в растениях 120

Ашимова А.Н., Ермекбаев К.А., Туруспеков Е.К., Абугалиева С.И.
Генотипирование мировой коллекции овса с использованием микросателлитных маркеров 134

Колумбаева С.Ж., Ловинская А.В., Жусупова А.И., Рахимжанова А.А., Илиясова А.И., Муратова А.Т.
Токсическая и мутагенная активность биологически активных веществ из растений *Limonium gmelinii* семейства *Plumbaginaceae* (= *Limoniaceae* Lincz.) 144

Смайлов Б.Б., Мурсалимов А.А., Бисенбаев А.К.
Роль TOR сигнальной системы в начальных стадиях прорастания зерна пшеницы 154

5-бөлім Раздел 5
Гистология Гистология

Джумаханова Г.Б., Шалгимбаева С.М., Аблайханова Н.Т., Оразова С.Б., Қайрат Б.Қ.
Түрлі жасанды құрама жемдермен қоректендірілген тиляпия балықтарының кейбір мүшелеріне гистологиялық зерттеу жүргізу нәтижелері 164

6-бөлім Раздел 6
Биотехнология Биотехнология

Абдулжанова М.А., Кистаубаева А.С., Савицкая И.С., Серік Н.С., Анарбек А.А., Болатжан Н.Е., Құли Ж.Т.
Ақуызды жем өнімдерінде целлюлоза құраушы субстраттардың ашытқы-бактериялық конверсиясы 174

Азимханова Б.Б., Туфуминова Я.С., Оразова С.Б., Карпенюк Т.А., Гончарова А.В.
Влияние времени культивирования и концентрации азота в среде на содержание липидов и жирнокислотный состав микроводорослей 182

Джакашева М.А., Кедельбаев Б.Ш., Есимова А.М.
Иммобилизация клеток мицелиального гриба – продуцента пектолитических ферментов 190

Жазыкбаева С.С., Туфуминова Я.С., Гончарова А.В., Карпенюк Т.А.
Селекция микроорганизмов, содержащих практически значимые полиненасыщенные жирные кислоты 198

Заядан Б.К., Садвакасова А.К., Акмуханова Н.Р., Болатхан К., Сарсекеева Ф.К., Бауенова М.О.
Коллекция микроводорослей и цианобактерий КазНУ имени аль-Фараби и перспективы ее использования 206

CONTENTS

Section 1
Botany

Durmekbayeva Sh.N., Hamitova G.Zh., Memeshov S.K., Zhumabayeva A.A.
The species composition of flora on territory of Akmola region Zerendi district 4

Karascholakova L.N., Mukchitdinov N.M., Akchmetova A.B.
Anatomy and morphological characteristics of the leaf blade of rare endemic species *Lonicera iliensis* Pojark. 14

Konyrova Zh.B., Davletova A.N., Kuatbayev A.T., Tairova S.K., Nazarbekova S.T.
Features of plant communities of natural forage lands of Talas river delta 24

Kuatbayev A.T., Mamykova R.U., Ibragimov T.S., Schoibekova P.R., Ibragimova S.E., Nazarbekova S.T.
The Morphogenesis and Growing Properties of *Valeriana officinalis* L. 34

Shevchenko A.S., Muzychkina R.A., Korulkin D.Yu.
Macro- and microelement composition of some Kazakh plants of the genus *Polygonum* L. 42

Childibaeva A.Zh., Kuatbaev A.T., Aralbai N.K., Nazarbekova S.T., Ametov A.A.
To a representation question *Potamogetonaceae* Dum. as a part of coastal and water vegetation 48

Section 2
Plants physiology and biochemistry

Zhumabaeva B.A., Djangalina E.D., Aytasheva Z.G., Lebedeva L.P., Dauletbaeva S.B.
Activities of protein components in bean seeds of Kazakhstan, Russian and other accessions 58

Section 3
Human and animal physiology

Suvorova M., Zharkova I., Sutuyeva L., Ondasynova A.
ZFET (Zebrafish embryo toxicity test) as a model test for determination of heavy metals embryo toxicity 68

Kalimagambetov A.M., Orazbaeva A.O
Medical and genetic knowledge of the students in the field of reproductive health 78

Nietbayeva O.V., Mashrapova M.M., Kunanbayeva A.B., Kushmanov E.E., Kerimbekova G.Zh., Myrzabaeva G.B., Tazhedinov I.
«^{153}Sm-EDTMP, solution for therapy» was tested on rats in the experimental study in radioactivity equivalent to human. 88

Tolenova K.D., Kulbaeva M.S., Tuleukhanov S.T., Shvetsova E.V., Atanbaeva G.K., Abdigappar A.E., Kamzakyzy Sh.
Study of biochemical indicators of biologically active points in adolescents with renal insufficiency 98

Cherednichenko O.G.
Combined effects of x-ray and γ-radiation on cell human peripheral blood *in vivo* and *in vitro* 106

Section 4
Molecular biology and Genetics

Bissenbaev A.K.
Base Excision Repair of Oxidative DNA lesions in plants 120

Ashimova A.N., Yermekbaev K.A., [2]Turuspekov Y.K., Abugalieva S.I.
Genotyping the world collection of oat by microsatellite markers 134

Kolumbaeva S.Zh., Lovinskaja A.V., Zhusupova A.I., Rahimzhanova A.A., Ilijasova A.I., Muratova A.T.
Toxic and mutagenic effect of biologically active substances from Limonium gmelinii (family Plumbaginaceae (= Limoniaceae lincz.) 144

Smailov B.B., Mursalimov A.A., Bissenbaev A.K.
Role of TOR signaling in early stages of wheat grain germination 154

Section 5
Histology

Jumakhanova G.B., Shalgimbayeva S.M., Ablayhanova N.T., Orazova S.B., Kairat B.K.
Histological evaluation of certain organs tilapia fingerlings, feeding different brands grower 164

Section 6
Biotechnology

Abdulzhanova M.A., Kistaubaeva A.S., Savitskaya I.S., Serik N.S., Anarbek A.A., Bolatzhan N.E., Kuli Zh.T.
Bacterial-yeast conversion of cellulose-containing substrates into the protein feed products 174

Azimkhanova B.B., Tufuminova Ya.S., Orazova S.B., Karpenyuk T.A., Goncharova A.V.
The influence of culture time and the concentration of nitrogen in the medium on lipid content and fatty acid composition of microalgae 182

Dzhakasheva M.A., Kedelbayev B.Sh., Esimova A.M.
Immobilization of cells of filamentous fungi - producer pectolytic enzymes 190

Zhazykbayeva S.S., Tufuminova Y.S., Goncharova A.V., Karpenyuk T.A.
Selection of microorganisms containing valuable polyunsaturated fatty acids 198

Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Akmukhanova N.R., Bolatkhan K., Sarsekeeva F.K., Bauyenova M.O.
Collection of microalgae and cyanobacteria Kazakh national university named after al-Farabi and prospects of its use 206

УСПЕЙТЕ ПОДПИСАТЬСЯ НА СВОЙ ЖУРНАЛ

АКЦИЯ!!!

Каждому подписчику
ПУБЛИКАЦИЯ СТАТЬИ
БЕСПЛАТНО!!!

• Акция действительна при наличии квитанции об оплате годовой подписки.

• Статья должна соответствовать требованиям размещения публикации в журнале.

• Статья печатается в той серии журнала, на которую подписался автор.

• Все нюансы, связанные с публикацией статьи, обсуждаются с ответственным секретарем журнала.

АКЦИЯ!!!

Издательский дом
«Қазақ университеті»
г. Алматы,
пр. аль-Фараби, 71
8 (727) 377 34 11, 221 14 65

АО «КАЗПОЧТА»
г. Алматы,
ул. Богенбай батыра, 134
8 (727 2) 61 61 12

ТОО «Евразия пресс»
г. Алматы,
ул. Жибек Жолы, 6/2
8 (727) 382 25 11

ТОО «Эврика-пресс»
г. Алматы,
ул. Кожамкулова, 124, оф. 47
8 (727) 233 76 19, 233 78 50